

LA LLUM MEDITERRÀNIA I ELS ESPAIS D'ACCÉS A L'ARQUITECTURA

Tesi presentada per:

Judit López Besora

Dirigida per:

Helena Coch Roura

Programa de doctorat:

ÀMBITS DE RECERCA EN L'ENERGIA I EL MEDI AMBIENT A L'ARQUITECTURA

DEPARTAMENT DE CONSTRUCCIONS ARQUITECTÒNIQUES I

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA, ETSAB

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, UPC

Barcelona, Setembre de 2015

ANNEX I. PROCEDIMENT DE DETERMINACIÓ DE LES LUMINÀNCIES DE L'ESCENA VISUAL URBANA MEDITERRÀNIA

METODOLOGIA

Per caracteritzar lumínicament l'entorn visual mediterrani es van escollir una sèrie de casos reals per ser estudiats. Es tracta de l'entorn de 5 edificis situats a diverses localitats del Camp de Tarragona. Paral·lelament, es van decidir les accions que calia realitzar per caracteritzar la seva llum. En resum, es va optar per una presa de dades consistent en mesuraments de luminància i il·luminància, i la realització de fotografies per ser analitzades digitalment.

El treball de camp es va dur a terme en diferents dies del mes de juliol de 2013, entre les 12:00 i les 14:00 hores, per tal d'obtenir dades lumíniques en les hores i estació de l'any amb més incidència solar. A més, es van escollir dies en què el cel fos descobert, descartant dies amb cel cobert o certa nuvolositat.

L'instrumental emprat va ser: càmera digital Canon EOS 350D, luxòmetre Lutron LX-102 i luminancímetre Konica Minolta LS-110.



Figura 1: càmera Canon EOS 350D, luxòmetre Lutron LX-102 i luminancímetre Konica Minolta LS-110

Pel que fa als **mesuraments**, les dades que es van prendre són:

- Valors d'il·luminància sobre el pla vertical (E_V), en punts al sol i a l'ombra.
- Valors d'il·luminància sobre el pla horitzontal (E_H), en punts al sol i a l'ombra.
- Valors de luminància en el pla vertical (L_V), en punts al sol i a l'ombra.

- Valors de luminància en el pla horitzontal (L_H), en punts al sol i a l'ombra.
- Valors de luminància de cel (L_C) en la part just a sobre de l'edifici i superfícies horitzontals en la mateixa posició, vistes per sota.

L'elecció dels punts es va fer in situ, a partir de detecció visual de les superfícies en sol i en ombra més característiques de cada entorn. En el cas del cel, es van escollir punts que estiguessin situats dins el camp visual, per sota d'un angle de 50° amb la horitzontal, de manera que la part propera al zenit quedés fora de l'estudi.

A banda dels mesuraments, es van realitzar **fotografies digitals** a l'entorn dels edificis. Es tracta d'imatges significatives fetes a diferents distàncies i amb diferents angles de visió que reproduïen escenes urbanes en les que és possible diferenciar les Zones 1, 2 i 3 definides anteriorment. Una part de les fotografies va ser presa amb els valors d'exposició donats per la càmera en mode automàtic, i una altra sèrie de fotografies va ser presa amb diferents valors d'exposició, per sobre i per sota del valor corresponent a les condicions de llum existents. La distància focal es va mantenir fixa en totes les fotografies (18 mm) així com la resolució de les imatges (3456 x 2304 píxels). Els procediments utilitzats per analitzar les fotografies han estat dos:

- Anàlisi de la **quantitat de llum píxel a píxel** d'una o dues fotografies de cada cas d'estudi mitjançant un programa senzill de processat de creació pròpia¹, que analitza la quantitat de llum de cada píxel basant-se en els valors RGB d'una imatge en format *bmp*. El programa reconeix les dimensions de la imatge, però cal proporcionar-li les següents dades:
 - divisió en píxels de les franges horitzontals corresponents a les Zones 1, 2 i 3 del camp visual
 - coordenades i valor de luminància d'un píxel (extret dels mesuraments in situ)

A partir d'aquí, es generen les següents dades de quantitat de llum de cada imatge i per cada zona:

- valor mitjà
- valors màxim i mínim
- desviació estàndard

Prenent com a referència el valor donat prèviament, les dades anteriors són convertides en valors de luminància.

- **Processat en HDR** de sèries d'imatges amb diferent exposició mitjançant un programa on line², amb el qual s'obtenen mapes de luminància calibrats. El programa es basa en l'obtenció d'imatges amb un rang de luminàncies major del que es pot oferir amb una sola fotografia, combinant fotografies amb valors per sobre i per sota de l'exposició correcta. Les dades d'entrada del programa són les fotografies (amb diferents

¹ El text del programa es mostra al final de l'annex

² <http://www.jaloxa.eu/webhdr/index.shtml>

exposicions), la corba de resposta de la càmera en format *rsp* i el factor de calibrat, si s'escau. Amb aquestes dades s'obté el mapa de luminàncies amb escala i una imatge que mostra els punts sobreexposats i subexposats (*heat map*). El detall referent al procediment de presa de fotografies i calibrat es troben descrits a la pròpia web. En els casos d'estudi s'han utilitzat fotografies realitzades amb un valor d'exposició adequat a les condicions de llum donades, i dues fotografies amb valors d'exposició $\pm 2EV$. En tots els casos, s'han mantingut constants la distància focal (18 mm) i la sensibilitat (ISO 200). A banda d'això, s'ha utilitzat la corba de resposta de la càmera Canon EOS 350D per als píxels de color vermell, verd i blau, que segueix la següent fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Luminància} &= 2.201656x^5 - 2.726831x^4 + 1.121298x^3 + 0.301994x^2 + 0.034216x + 0.067666 \\ \text{Luminància} &= 1.259061x^5 - 1.014028x^4 + 0.261485x^3 + 0.340374x^2 + 0.013821x + 0.139286 \\ \text{Luminància} &= 8.419024x^5 - 25.546421x^4 + 34.183227x^3 - 23.174341x^2 + 8.317719x - 1.199163 \end{aligned}$$

En el cas de l'anàlisi fotogràfica, les dades obtingudes a cada zona (o franja) corresponen a una barreja més o menys heterogènia d'elements verticals, horitzontals i de cel, partint de la base que a cada una de les Zones definides com a 1, 2 i 3, predomina un tipus determinat de superfície que és el paviment, la façana i el cel, respectivament.

Els resultats obtinguts en cada tipus d'anàlisi (mesuraments i fotografies) s'han organitzat i es mostren de la següent manera:

- a) **Mesuraments in situ:** es mostren els quadres amb els valors de luminància i il·luminància mesurats en cada escena visual, indicant la ubicació dels punts de mesura dins l'escena. Els resultats es mostren conjuntament en gràfiques i s'analitzen diferenciats per cada zona del camp visual.
- b) **Anàlisi píxel a píxel** de les fotografies de les escenes visuals més representatives: en un quadre i una gràfica es mostren els valors de luminància mitjana, valors màxim i mínim i desviació estàndard per cada zona de la imatge i en la seva totalitat.
- c) **Anàlisi en HDR:** es mostren els mapes de luminància de les fotografies analitzades a l'apartat anterior.

Per analitzar amb profunditat els resultats obtinguts, s'ha de tenir en compte que els valors poden variar en funció de diferents aspectes, que es detallen àmpliament en el punt 2.3.1 de la tesi, i entre els quals hi ha:

- **L'orientació dels edificis.** Afecta l'exposició al sol de les superfícies verticals.
- **La posició del sol** a l'hora de mesurar i/o fer les fotografies. Afecta l'existència d'ombres i la luminància del cel, ja que els punts més propers al sol tenen valors de L_c més alts.
- **El tipus d'entorn urbà:** la densitat del teixit urbà influeix en la visió del cel i en l'existència de més o menys ombres.
- **Els materials d'acabat.** El coeficient de reflexió afecta directament la luminància de totes les superfícies mesurades tant pel seu valor com el de les superfícies properes.

En tots els casos estudiats s'indica l'orientació de les superfícies verticals mesurades, el dia i hora en què es van fer els mesuraments, el tipus de teixit urbà i els materials d'acabat de les superfícies principals. En el cas de materials amb reflexió poc o molt especular s'ha indicat en els quadres i les gràfiques, però els valors no s'han exclòs de l'anàlisi.

PRESENTACIÓ CASOS D'ESTUDI

Els casos d'estudi són entorns d'edificis de la zona del Camp de Tarragona, situats en diferents teixits urbans. En tots els casos es tracta d'equipaments públics i privats. Els colors d'acabat de les façanes són diverses, des del blanc fins a l'ocre, inclosa una façana vegetal. Cada cas té un interès formal específic.

Els edificis estudiats són:

- **E.1** Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT), Vila-seca.
- **E.2** Centre cívic Llevant, Reus
- **E.3** Seu de la Demarcació del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC), Tarragona.
- **E.4** Edifici antiga Tabacalera, Tarragona
- **E.5** Palau Firal i de Congressos, Tarragona

Per cada cas d'estudi es dona informació bàsica sobre l'emplaçament i l'ús, a més de fotografies representatives. També s'ofereix informació sobre el dia de realització i la durada del treball de camp, juntament amb la posició del sol en el transcurs de la presa de dades. Aquesta informació es superposa a l'emplaçament i a la carta estereogràfica per la latitud 41°. Amb aquesta informació s'extreu l'angle de l'altura solar (α) i, l'azimut (β). Per últim, s'ha calculat l'angle (γ) entre la perpendicular a les superfícies verticals mesurades³ i el raig solar incident, per tal d'obtenir-ne el cosinus. Com que hi ha poca diferència entre l'inici i el final del treball de camp, s'ha agafat la direcció del sol en el moment central del treball de camp.

Paral·lelament es van prendre mesures a l'interior dels edificis en els mateixos entorns. El procediment es descriu a l'Annex II:

³ Les orientacions s'han determinat seguint el criteri que apareix al CTE DB HE1, Figura A.1, amb els angles mesurats a partir del Nord en sentit horari i els trams definits.

E.1 Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT)

Localització: C/ Joanot Martorell, 15, Vila-seca
Lat: 41° 6' N Long: 1° 8' E
Teixit urbà: dispers, zona d'equipaments educatius
Ús: administratiu



Figura 2: emplaçament i imatge exterior

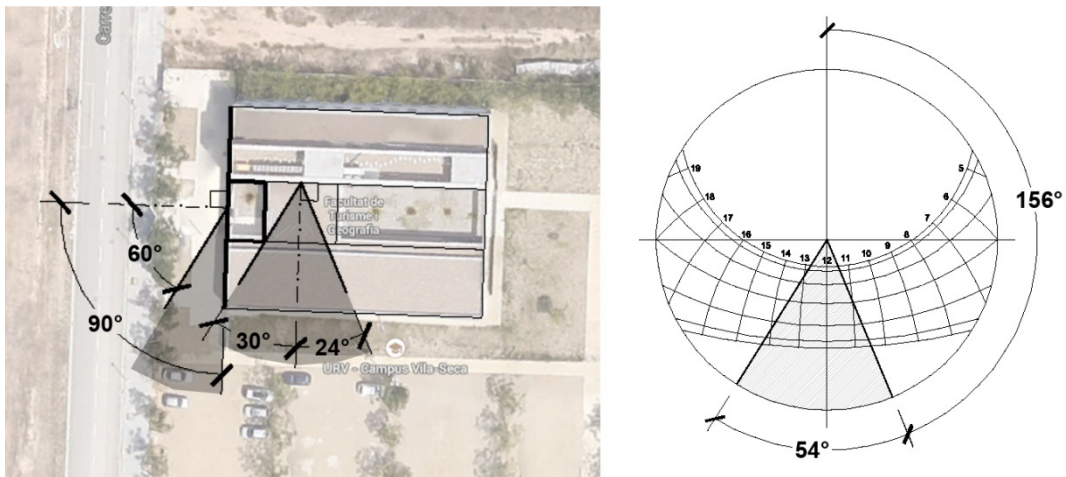
La seu del PCT és un edifici aïllat d'ús administratiu situat dins un campus universitari. L'entorn es troba poc construït, de manera que no existeixen obstruccions visuals importants a banda del propi edifici. Les voreres són amples i, separada de la línia de la façana, hi ha una filera d'arbres de poca alçada que produeix ombra davant l'entrada.

L'edifici consta de dos cossos allargats en direcció est-oest, perpendiculars al carrer Joanot Martorell, units pel cos del vestíbul. El cos situat a nord té dues plantes d'alçada i el situat a sud una planta. El vestíbul es troba a la façana oest, enretirat del pla de façana i precedit per un pati i un porxo. El pati d'entrada està separat del carrer per un mur amb una gran porta corredissa de metall microperforat de color gris clar. Darrere el mur d'entrada hi ha el pati, un porxo bastant profund i a continuació un vestíbul vidriat amb continuïtat visual a ambdós costats, que dona accés a la resta de l'edifici. El material d'acabat de les façanes és un revestiment monocapa blanc que li confereix una gran lluminositat en incidir el sol.



Figura 3: vista de l'exterior de l'edifici i l'interior del pati

El treball de camp es va dur a terme el 12 de juliol de 2013 entre les 13:30 i les 14:45 h (les fotografies entre les 14:00 i les 14:38 h).



Orientació façanes (respecte al N)	Azimut β (respecte al N)	Altura solar α (interval)	Altura solar α (terme mitjà)	Angle entre sol i perpendicular superfície γ	Cos γ
O (272°)	156°-210°	66°-69°	68°	84°	0.10
S (178°)				68°	0.37

Figura 4: emplaçament i estereogràfic amb superposició de la trajectòria solar durant la presa de dades; taula amb indicació dels angles de posició solar i en relació amb les superfícies verticals mesurades

E.2 Centre Cívic Llevant

Localització: Pl. De l'Hort dels Canonges, 1, Reus
Lat: 41° 9' N Long: 1° 6' E
Teixit urbà: eixample, limita amb zona verda
Ús: centre cívic



Figura 5: emplaçament i imatge exterior

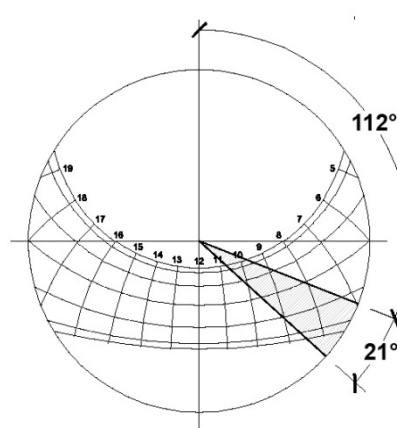
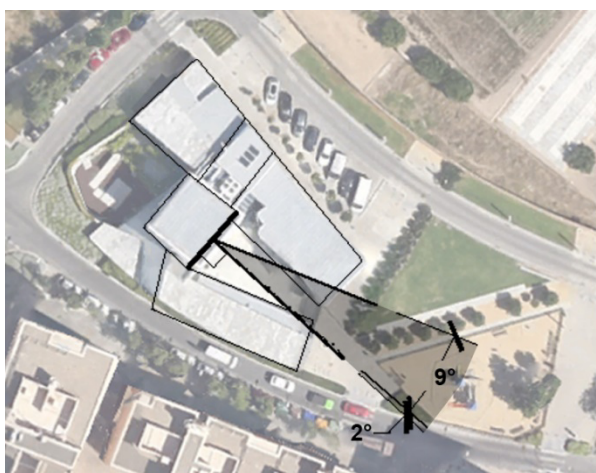
L'edifici es troba al centre urbà de la ciutat de Reus, en una zona que antigament era ocupada per horts i encara conserva un aire agrari a la banda nord. A sud limita amb una trama d'eixample. La part prèvia a l'entrada és una plaça amb vegetació de diferents alçades. Per la part de darrere de l'edifici s'entreveu la part alta dels edificis del voltant, d'unes 5-6 plantes d'alçada. La banda oposada, a nord, no té obstruccions visuals.

L'edifici acull els usos propis d'un centre cívic destinat a activitats culturals. La part on s'ha situat l'accés és una antiga masia de planta baixa i dos pisos que va ser fruit d'una intensa rehabilitació. Al conjunt es van afegir dos cossos als laterals, de planta baixa i planta baixa més pis, conformant un pati davant l'entrada que es tanca quan l'edifici no està en funcionament. L'accés al centre es produeix per aquest pati, orientat a sud-est, i a través del vestíbul situat dins l'edifici central. La façana de la masia es va revestir amb monocapa blanc, mentre que als altres dos cossos, apart del blanc, hi predomina la fusta a la planta superior, i l'alumini i el vidre als tancaments de planta baixa.



Figura 6: vistes de l'exterior i el pati d'entrada

Les fotografies i mesuraments van ser duts a terme el 12 de juliol de 2013 entre les 11:45 i les 12:45 h (les fotografies entre les 12:25 i les 12:32 h). Altura solar 57°-69°.



Orientació sup. Vertical (respecte al N)	Azimut β (respecte al N)	Altura solar α (interval)	Altura solar α (terme mitjà)	Angle entre sol i perpendicular superfície γ	Cos γ
SE (131°)	112°-133°	52°-62°	58°	58°	0.53

Figura 7: emplaçament i estereogràfic amb superposició de la trajectòria solar durant la presa de dades; taula amb indicació dels angles de posició solar i en relació amb les superfícies verticals mesurades

E.3 Seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC)

Localització: C/ Sant Llorenç, 20-22, Tarragona
Lat: 41° 7' N Long: 1° 15' E
Teixit urbà: casc antic
Ús: administratiu, seu col·legial



Figura 8: emplaçament i imatge exterior

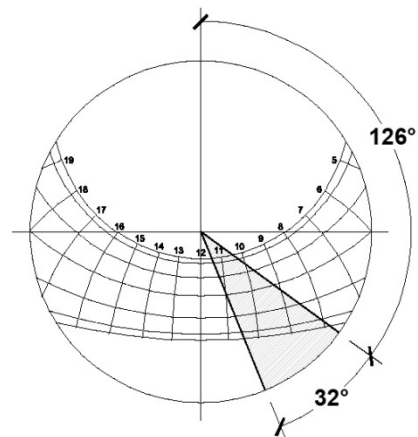
L'edifici està ubicat al casc antic de Tarragona, dins una trama urbana densa amb edificis de 4-5 plantes de colors terrosos. Els carrers són estrets, fet que provoca l'existència de moltes zones en ombra. Malgrat això, la posició de l'entrada de l'edifici i la forma del carrer faciliten l'accés de la radiació solar directa. A més, el gir del carrer Sant Llorenç permet la seva visió a una certa distància i això fa que l'entrada tingui més visibilitat que la d'altres edificis del mateix entorn.

L'immoble acull la seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. L'aspecte actual es deu a una rehabilitació integral duta a terme els anys 80 del segle passat per part de Rafael Moneo. El conjunt està format per dos cossos principals: un és paral·lel al carrer, de planta baixa més dues plantes pis, amb un porxo pel qual s'accedeix al pati interior; l'altre és perpendicular al carrer, i és accessible a través del pati. Aquest volum té més alçada i acull el vestíbul que organitza les circulacions de l'edifici. El recorregut d'entrada està orientat a nord-oest i a sud-oest. El material d'acabat de les façanes és un revestiment de morter de color, d'una tonalitat entre granat i marró que s'integra formalment dins el casc antic.



Figura 9: vistes de l'exterior i el pati d'accés

Les fotografies i mesuraments van ser duts a terme el 9 de juliol de 2013 entre les 12:30 i les 13:30 h (les fotografies entre les 12:45 i les 13:00 h). Altura solar 60°-69°.



Orientació sup. Vertical (respecte al N)	Azimut β (respecte al N)	Altura solar α (interval)	Altura solar α (terme mitjà)	Angle entre sol i perpendicular superfície γ	Cos γ
SE (34°)	126°-158°	60°-68°	65°	66°	0.41
SE (39°)				66°	0.41

Figura 10: emplaçament i estereogràfic amb superposició de la trajectòria solar durant la presa de dades; taula amb indicació dels angles de posició solar i en relació amb les superfícies verticals mesurades

E.4 Edifici antiga Tabacalera

Localització: Av. Card. Vidal i Barraquer, s/n, Tarragona
Lat: 41° 7' N Long: 1° 15' E
Teixit urbà: eixample
Ús: administratiu



Figura 11: emplaçament i imatge exterior

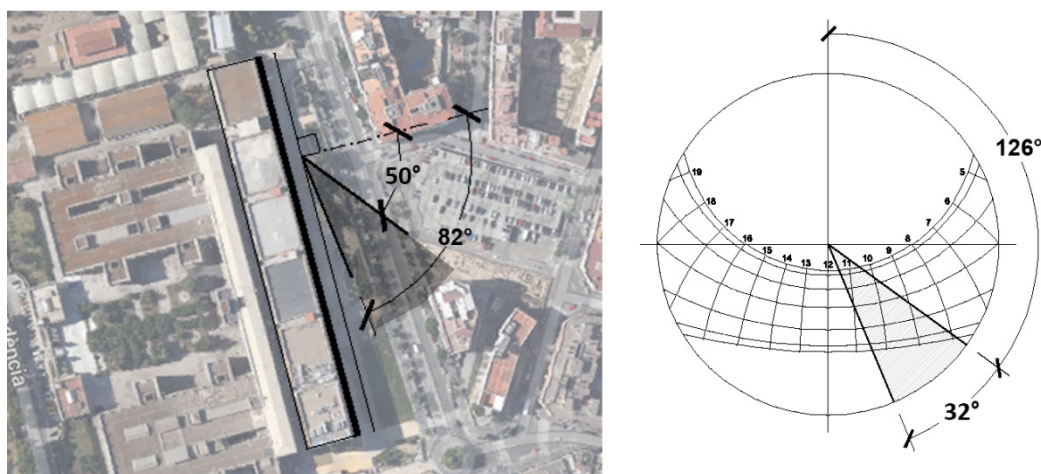
L'edifici de l'antiga Tabacalera és un edifici històric de grans dimensions situat a la part baixa de Tarragona. Pel costat oest limita amb el riu Francolí i una zona industrial, pel costat est amb un parc amb diferents tipus de vegetació, de dimensions àmplies, envoltat d'illes d'edificis entre 7-8 plantes en una trama mitjanament densa. La visió de l'edifici és molt frontal des de qualsevol banda, excepte pels laterals, sense interès formal.

La part noble està orientada a oest, amb accés pel Passeig de la Independència, i consta d'un edifici central d'oficines i dos cossos laterals per producció, que es tanquen en forma de U i defineixen el pati d'entrada. A la part posterior del conjunt, a est, un cos de magatzems discorre paral·lel a l'Avinguda Vidal i Barraquer. Recentment, aquesta part ha estat parcialment rehabilitada, i acull usos administratius de l'Ajuntament de Tarragona com Tarragona Impulsa o la Capsa de Música. Fa pocs anys, tota la façana va ser recoberta amb una pell vegetal separada un parell de metres de la façana original que l'oculta totalment. Tot i no tractar-se d'un espai tancat, genera una zona ombrívola que precedeix el vestíbul d'entrada a l'equipament, un espai de dimensions reduïdes amb un cert aire de provisionalitat. L'anàlisi s'ha centrat en aquesta part.



Figura 12: vistes del mur vegetal i l'espai intermedi

Les fotografies i mesuraments van ser duts a terme el 10 de juliol de 2013 entre les 12:30 i les 13:30 h (les fotografies entre les 12:45 i les 13:00 h). Altura solar 60°-69°.



Orientació sup. Vertical (respecte al N)	Azimut β (respecte al N)	Altura solar α (interval)	Altura solar α (terme mitjà)	Angle entre sol i perpendicular superfície γ	Cos γ
E (165°)	126°-158°	60°-68°	65°	80°	0.17

Figura 13: emplaçament i estereogràfic amb superposició de la trajectòria solar durant la presa de dades; taula amb indicació dels angles de posició solar i en relació amb les superfícies verticals mesurades

E.5 Palau de Firal i de Congressos

Localització: C/ Arquitecte Rovira, 2, Tarragona
Lat: 41° 7' N Long: 1° 15' E
Teixit urbà: centre
Ús: administratiu



Figura 14: emplaçament i imatge exterior

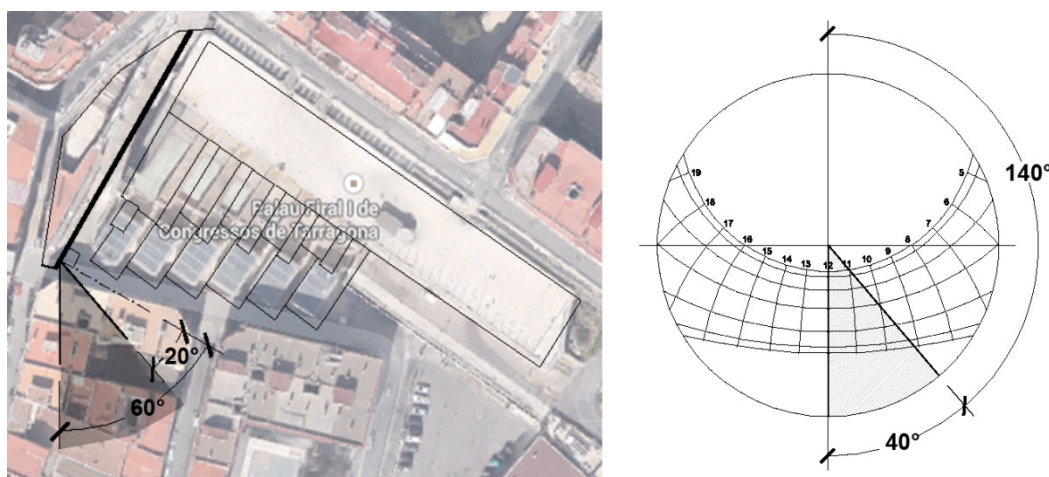
El Palau Firal i de Congressos es troba en una zona molt cèntrica de Tarragona, amb un desnivell molt pronunciat entre la part alta i la part baixa de la ciutat. L'entorn immediat és una trama bastant densa, amb edificis de 4-5 plantes molt propers a l'equipament. No obstant, la notable diferència de cota entre els dos carrers fa que les escenes visuals a la part alta i a la part baixa siguin molt diferents; la primera té vistes llunyanes sobre el port, i la segona es troba confinada entre edificis d'habitatges.

L'edifici es va construir aprofitant el buit deixat per una antiga pedrera que va quedar inclosa dins el teixit urbà. La part de la coberta és accessible a peu pla pel carrer Pons d'Icart, mentre que la part Sud dóna directament al Carrer General Moragues, unes 5 plantes per sota del nivell superior. Unes escales públiques recorren tota la façana oest i salven el desnivell entre els dos carrers, i al mateix temps acullen l'accés principal a l'edifici per una cota intermèdia. Darrere la porta d'entrada es troba un vestíbul que dóna pas a un gran atri on es distribueixen les circulacions als diferents espais d'exposició i auditoris.



Figura 15: vistes de l'exterior del Palau de Congressos

Les fotografies i mesuraments van ser duts a terme el 26 de juliol de 2013 entre les 13:00 i les 14:00 h (les fotografies entre les 13:25 i les 13:40 h).



Orientació sup. Vertical (respecte al N)	Azimut β (respecte al N)	Altura solar α (interval)	Altura solar α (terme mitjà)	Angle entre sol i perpendicular superfície γ	Cos γ
SE (30°)	140°-180°	64°-69°	68°	73°	0.29

Figura 16: emplaçament i estereogràfic amb superposició de la trajectòria solar durant la presa de dades; taula amb indicació dels angles de posició solar i en relació amb les superfícies verticals mesurades

RESULTATS I ANÀLISI CASOS D'ESTUDI

A partir dels casos mostrats al punt anterior es va dur a terme el treball de camp centrat en els mesuraments i en l'anàlisi de les fotografies. En els dos casos, el treball es centra en les superfícies descrites per a les Zones 1, 2 i 3 de l'escena visual. Els mesuraments, de manera aïllada, i les fotografies d'una manera més global.

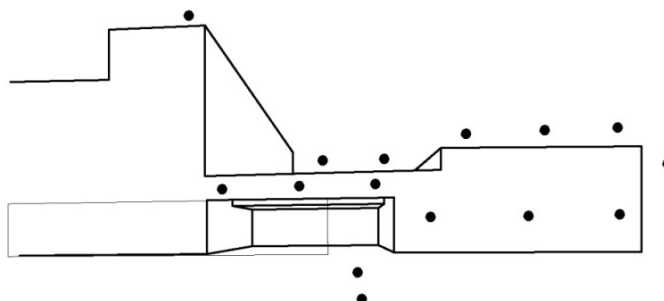
Responent a aquesta distinció, i degut al diferent origen de la informació, el resultat i l'anàlisi dels casos d'estudi s'ha dividit en 2 parts:

- Valors mesurats.
- Anàlisi de les fotografies (píxel a píxel i mapes de luminància obtinguts amb imatges HDR)

Valors mesurats

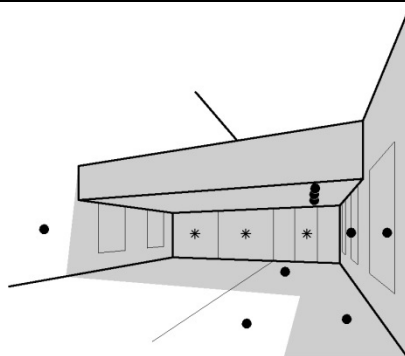
E.1 Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT)

Punt de vista E.1.1



Zona 3	Cel Sostre	L _c (cd/m ²)	4171	6013	6325	6497	7331	8448	8988
Zona 2	Sol	E _v (lux)							
		L _v (cd/m ²)	7813	7685	7691	8586	8734	8777	
	Ombra	E _v (lux)							
		L _v (cd/m ²)							
Zona 1	Sol	E _H (lux)	98500	96700					
		L _H (cd/m ²)	13460	13660					
	Ombra	E _H (lux)							
		L _H (cd/m ²)							

Punt de vista E.1.2

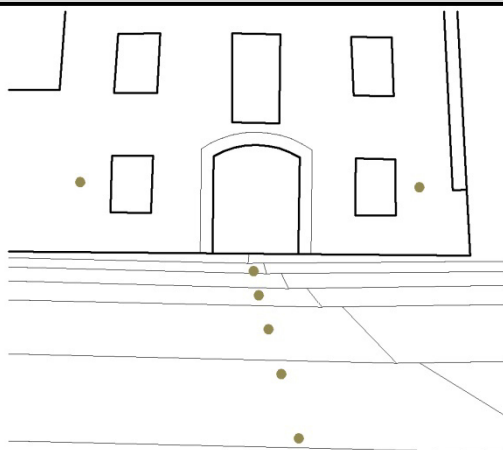


Zona 3	Cel Sostre	L _C (cd/m ²)	2484	1085	448.5			
Zona 2	Sol	E _V (lux)	45000					
		L _V (cd/m ²)	11110					
	Ombra	E _V (lux)	4200	17440				
		L _V (cd/m ²)	1174	4648	337.6*	1089*	1111*	
Zona 1	Sol	E _H (lux)	97800					
		L _H (cd/m ²)	13080					
	Ombra	E _H (lux)	2990	15550				
		L _H (cd/m ²)	416	1802				

*Valors mesurats sobre superfícies amb reflexió especular

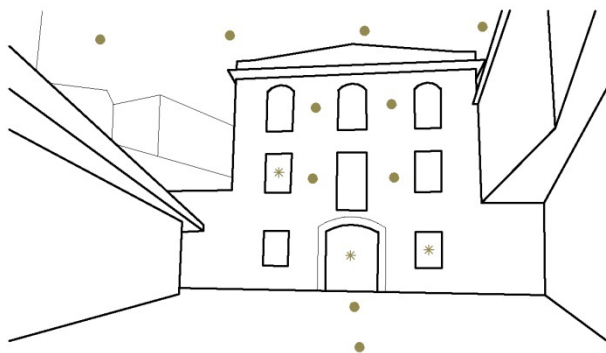
E.2 Centre Cívic Llevant

Punt de vista E.2.1



Zona 3	Cel Sostre	L _C (cd/m ²)					
Zona 2	Sol	E _V (lux)	52900	49200			
		L _V (cd/m ²)	15760	13920			
	Ombra	E _V (lux)					
		L _V (cd/m ²)					
Zona 1	Sol	E _H (lux)	90000	91400	92900	95000	96700
		L _H (cd/m ²)	9373	10720	12530	9449	11280
	Ombra	E _H (lux)					
		L _H (cd/m ²)					

Punt de vista E.2.2

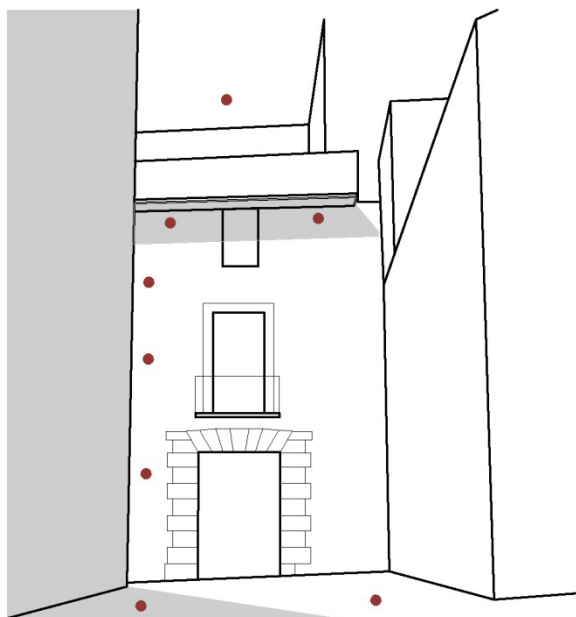


Zona 3	Cel Sostre	L _C (cd/m ²)	4373	4155	4007	3920
Zona 2	Sol	E _V (lux)				
		L _V (cd/m ²)	15620	16150	15140	15940
	Ombra	E _V (lux)				
		L _V (cd/m ²)	4234*	898.5*	529.7*	
Zona 1	Sol	E _H (lux)				
		L _H (cd/m ²)	11100	11650		
	Ombra	E _H (lux)				
		L _H (cd/m ²)				

*Valors mesurats sobre superfícies amb reflexió especular

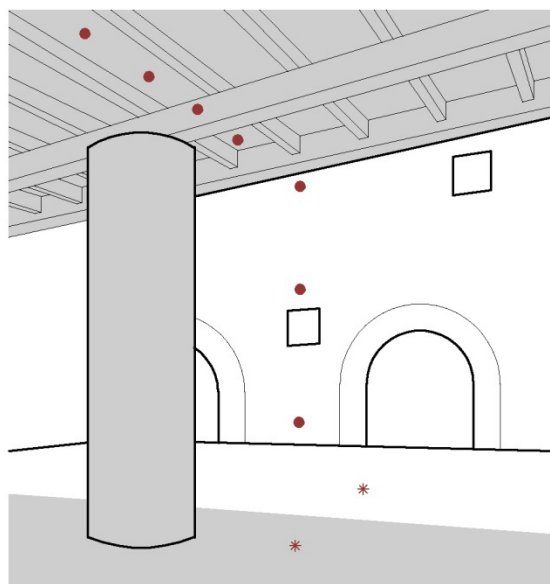
E.3 Seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC)

Punt de vista E.3.1



Zona 3	Cel		4535		
	Sostre	L_c (cd/m ²)			
Zona 2	Sol	E_v (lux)			
		L_v (cd/m ²)	2254	1971	2608
	Ombra	E_v (lux)			
		L_v (cd/m ²)	634.4	724.7	
Zona 1	Sol	E_H (lux)			
		L_H (cd/m ²)	4884		
	Ombra	E_H (lux)			
		L_H (cd/m ²)	902		

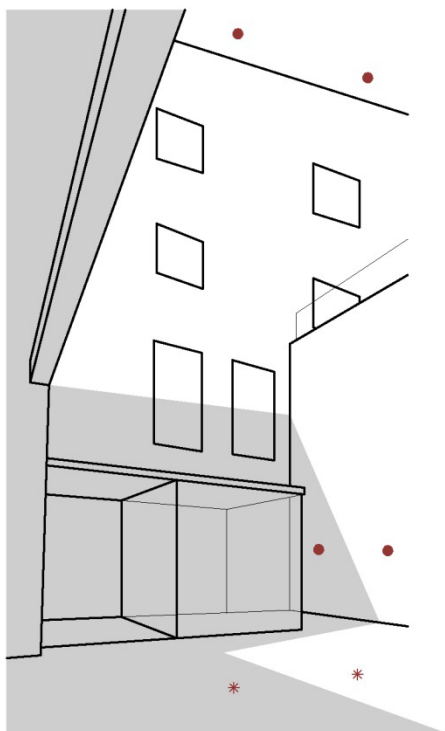
Punt de vista E.3.2



Zona 3	Cel	L_c (cd/m ²)	446	284	191.3	208.3
Zona 2	Sol	E_v (lux)	1270	1677	2144	
		L_v (cd/m ²)				
Zona 1	Ombra	E_v (lux)	5259*			
		L_v (cd/m ²)				
	Sol	E_H (lux)	5259*			
		L_H (cd/m ²)				
	Ombra	E_H (lux)	505*			
		L_H (cd/m ²)				

*Valors mesurats sobre superfícies amb reflexió especular

Punt de vista E.3.3

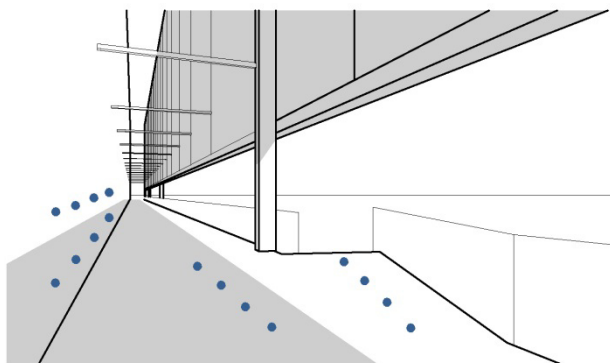


Zona 3	Cel	L_c (cd/m ²)	5070	5190
Zona 2	Sol	E_v (lux)	31300	
		L_v (cd/m ²)	2100	
	Ombra	E_v (lux)	3060	
		L_v (cd/m ²)	253	
Zona 1	Sol	E_H (lux)	87800	
		L_H (cd/m ²)	5800*	
	Ombra	E_H (lux)	6900	
		L_H (cd/m ²)	426.5*	

*Valors mesurats sobre superfícies amb reflexió especular

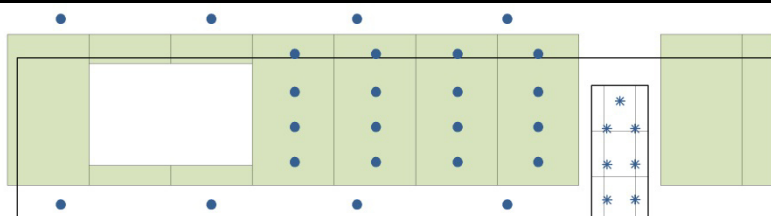
E.4 Edifici antiga Tabacalera

Punt de vista E.4.1



Zona 3	Cel	L_c (cd/m ²)				
	Sostre					
Zona 2	Sol	E_v (lux)	15000	11250	11840	11400
		L_v (cd/m ²)	1371	1226	1386	1207
	Ombra	E_v (lux)	3810	3000	4580	3300
		L_v (cd/m ²)	343.6	321.1	418.8	305.6
Zona 1	Sol	E_H (lux)	93700	95000	91600	92300
		L_H (cd/m ²)	6858	7422	7481	8424
	Ombra	E_H (lux)	9820	6730	6290	9320
		L_H (cd/m ²)	674.9	465.6	484.9	630.9

Punt de vista E.4.2

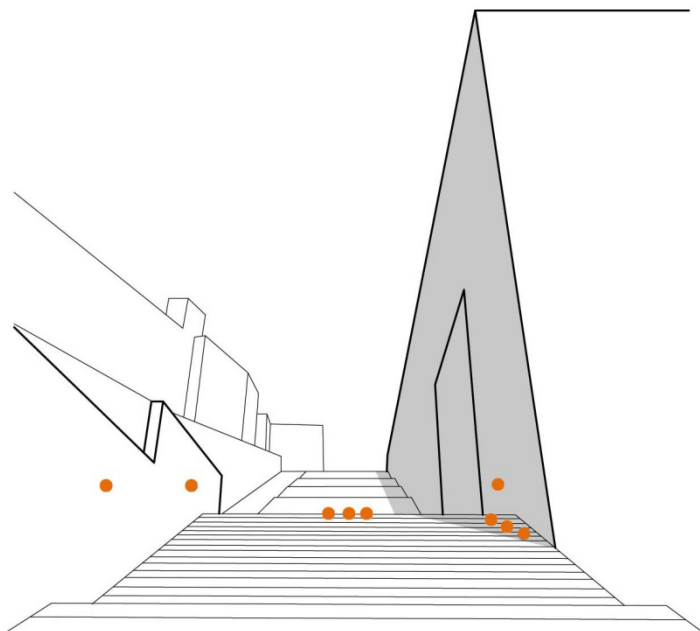


Zona 3	Cel	L_c (cd/m ²)	6953	6218	5583	5074
	Sostre					
Zona 2	Sol	E_v (lux)				
		L_v (cd/m ²)	492.9	279.2	1483	307.2
			215.7	411.5	371.8	1083
			417.5	361.8	249.8	239
			405.6	386.5	237	439.9
			495.2	724.7	528	629.7
			158.9*	946.8*	1569*	463.6*
			697.7*	203.6*	224.5*	
Zona 1	Sol	E_H (lux)				
		L_H (cd/m ²)				
	Ombra	E_H (lux)				
		L_H (cd/m ²)				

*Valors mesurats sobre superfícies amb reflexió especular / en verd, mur vegetal / en marró, sol rasant

E.5 Palau Firal i de Congressos

Punt de vista E.5.1



Zona 3	Cel	L_c (cd/m ²)			
	Sostre				
Zona 2	Sol	E_v (lux)	22700	22400	
		L_v (cd/m ²)	404	373	
	Ombra	E_v (lux)	9950		
		L_v (cd/m ²)	1129		
Zona 1	Sol	E_H (lux)	94700	93600	94900
		L_H (cd/m ²)	10550	8801	11030
	Ombra	E_H (lux)	8400	8310	8360
		L_H (cd/m ²)	878.6	604.1	756.3

Gràfiques valors mesurats

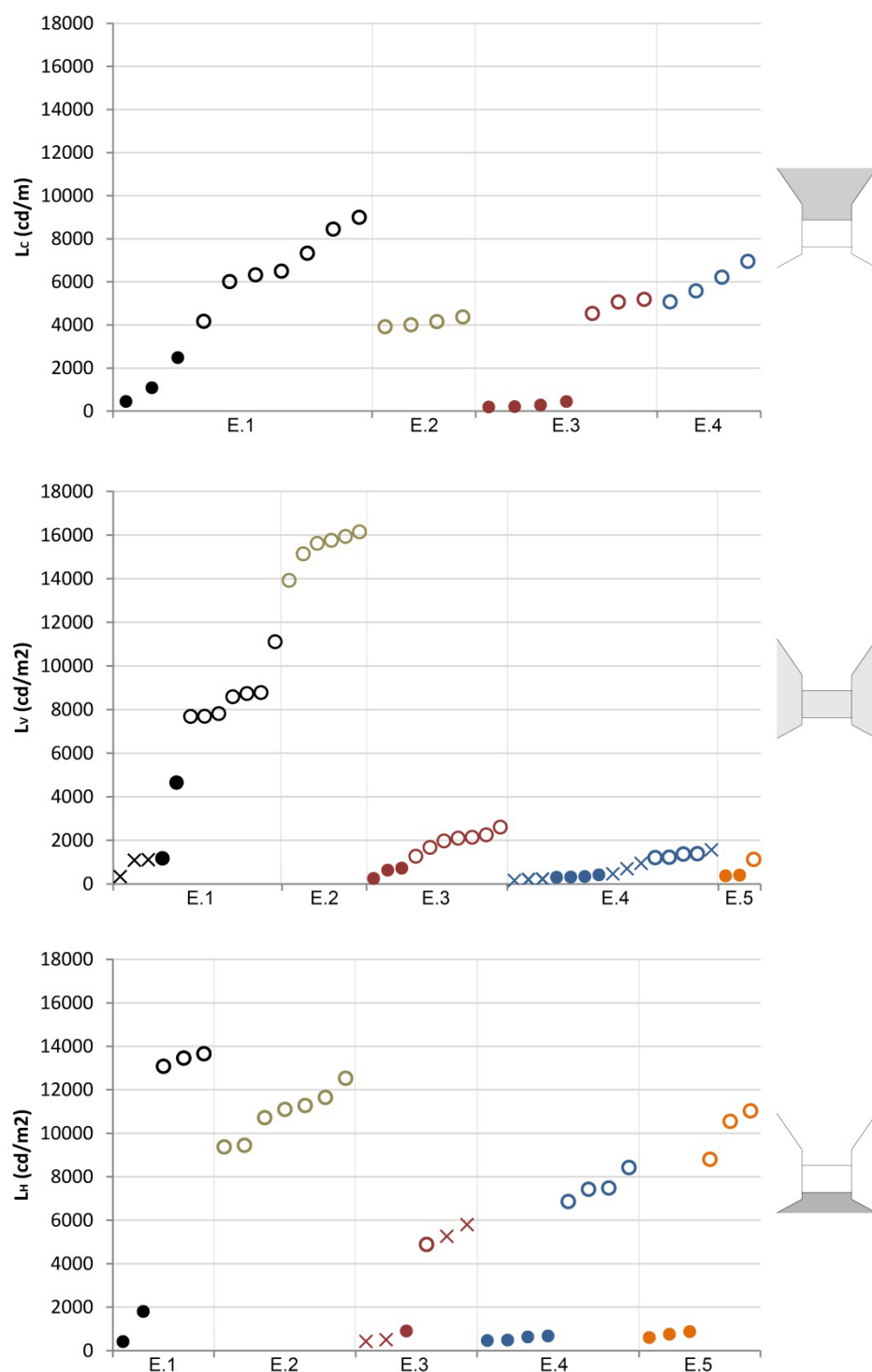


Figura 17: gràfiques amb els valors (de dalt a baix) de luminància L_c mesurats a la **Zona 3**, L_v mesurats a **Zona 2** i L_h mesurats a la **Zona 1** del camp visual. Valors ordenats per casos d'estudi

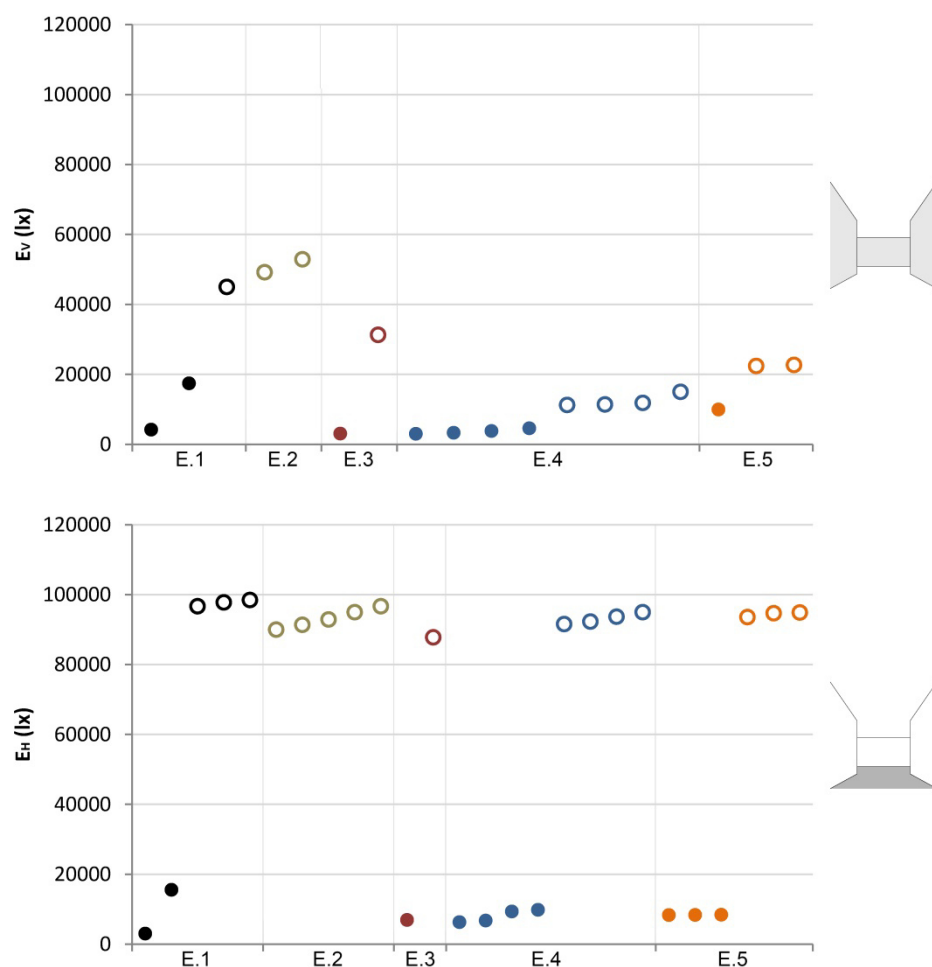


Figura 18: gràfiques amb els valors (de dalt a baix) d'il·luminància E_v mesurats a la **Zona 2** i E_h mesurats a la **Zona 1** del camp visual. Valors ordenats per casos d'estudi

Llegenda figures x-x:

- E.1 Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT)
- E.2 Centre Cívic Llevant
- E.3 Seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi Arquitectes de Catalunya (COAC)
- E.4 Edifici antiga Tabacalera
- E.5 Palau Firal i de Congressos
- Valors al sol
- Valors a l'ombra
- × Valors sobre superfícies amb reflexió especular

Respecte les il·luminàncies E_v a les façanes (**Zona 2**), es distingeixen els valors mesurats al sol i a l'ombra. Pel que fa als valors al sol, s'assoleixen màxims vora els 50000 lx i mínims entre 10000 – 20000 lx. Aquests valors varien en funció de l'angle d'incidència, sent major quan és més proper a la normal de la superfície. El sol rasant, per tant, dona els valors més baixos. Pel que fa a l'ombra, els valors mesurats es troben entre 7000 – 10000 lx. El contrast entre les dues situacions varia en cada cas, sent major quan la incidència solar és més directa, i menor en angles més rasants. La primera situació es dona als casos E.1 i E.3 amb una diferència de l'ordre de 10, i la segona als casos E.4 i E.5 on és de l'ordre de 2-3 vegades. En referència al contrast, cal esmentar el cas E.1 on l'entorn altament reflectant fa que hi hagi algunes ombres que superen els valors obtinguts en altres façanes amb sol rasant.

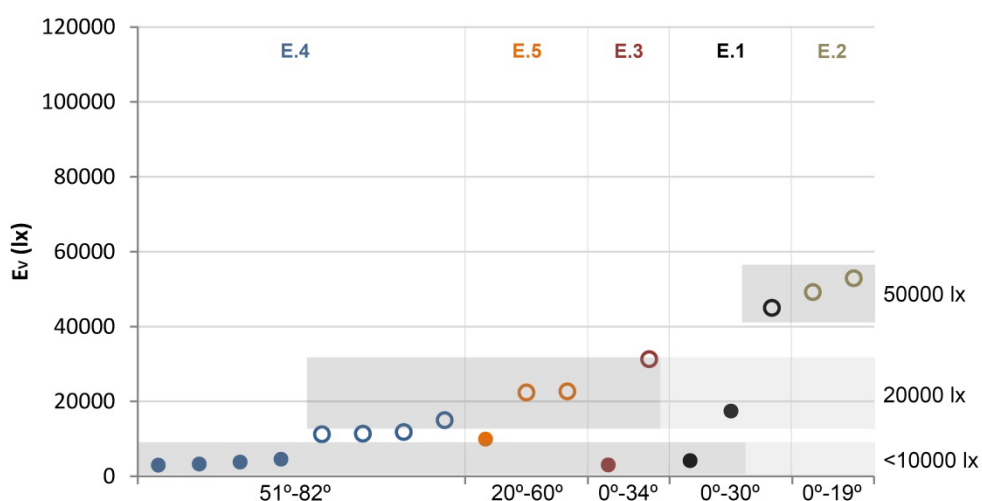
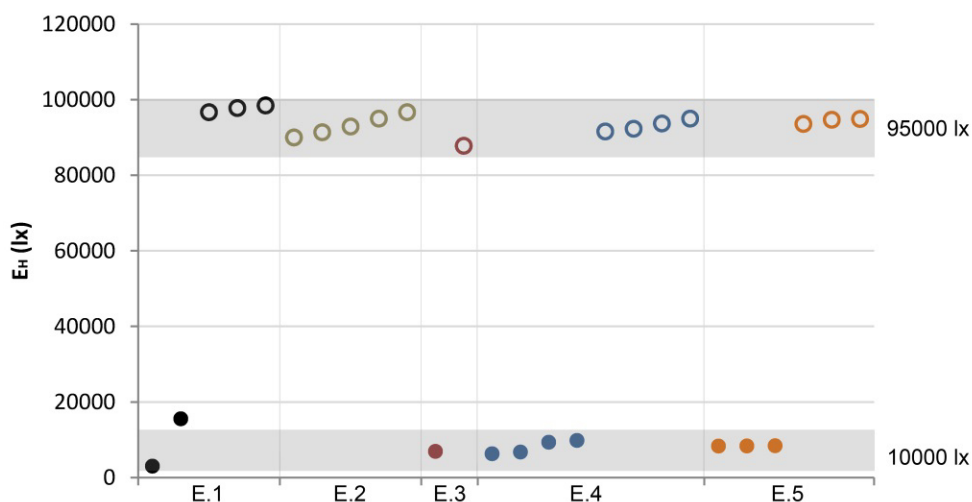


Figura 19: gràfica amb els valors d'il·luminància E_v mesurats a la **Zona 2** (façanes) del camp visual. Valors ordenats per angle entre la perpendicular a la superfície i azimuth. En gris es mostren (de dalt a baix) tres franges corresponents als casos amb incidència solar directa, mitja/rasant i en ombra

Respecte les il·luminàncies E_H al paviment (**Zona 1**), el contrast entre el sol i l'ombra mostra una relació de valors d'aproximadament 10:1 en tots els casos. Les mesures han estat realitzades en hores similars, i per això els valors són molt semblants. Els valors màxims que s'han mesurat es troben al voltant dels 95000 lx, i els mínims rondan els 10000 lx. Igual que en el cas de les façanes, a l'entorn E.1 hi ha un valor en ombra que surt de la mitjana degut a l'entorn altament reflectant en què ha estat feta la mesura, corresponent a la part més exterior d'un porxo.



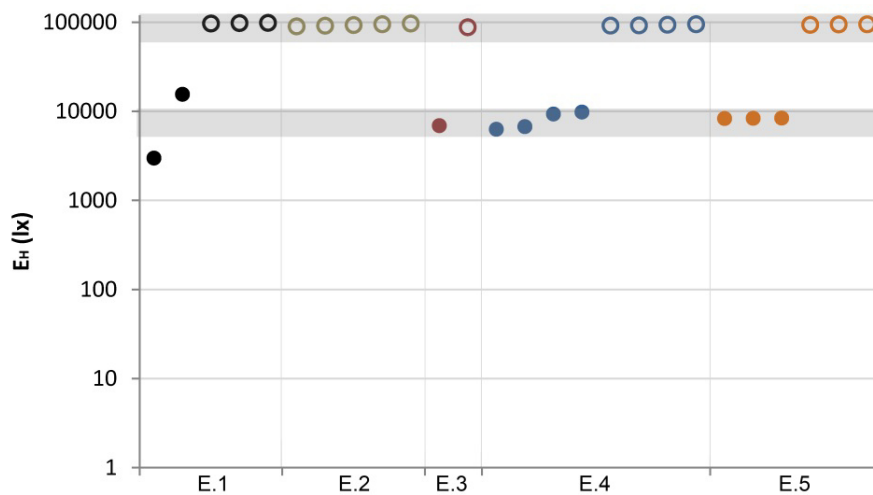


Figura 20: gràfica amb els valors d'il·luminància E_H mesurats a la **Zona 1** (paviments) del camp visual. A la segona gràfica els mesuraments d' E_H es mostren amb escala logarítmica. Valors ordenats per casos d'estudi. En gris es mostra la diferència entre E_H al sol i a l'ombra

Les mesures de luminància L_c de cel i porxos (**Zona 3**), realitzades amb un angle de visió al voltant de 50° amb l'horitzontal, donen resultats entre 4000 i 9000 lx. Els valors són més grans quant més propers a l'horitzó (angles petits) i disminueixen a mida que s'acosten al zenit. També és important la posició del sol respecte al punt mesurat, ja que la luminància augmenta amb la proximitat del disc solar. També s'han mesurat punts de la part superior del camp visual en presència de porxos (casos E.1 i E.3). En aquesta situació, els valors mesurats no arriben a 1000 cd/m^2 , amb l'excepció del cas E.1, on les ombres més profundes es diferencien de les més properes a l'extrem exterior del porxo en quant a claredat i l'entorn és molt reflectant.

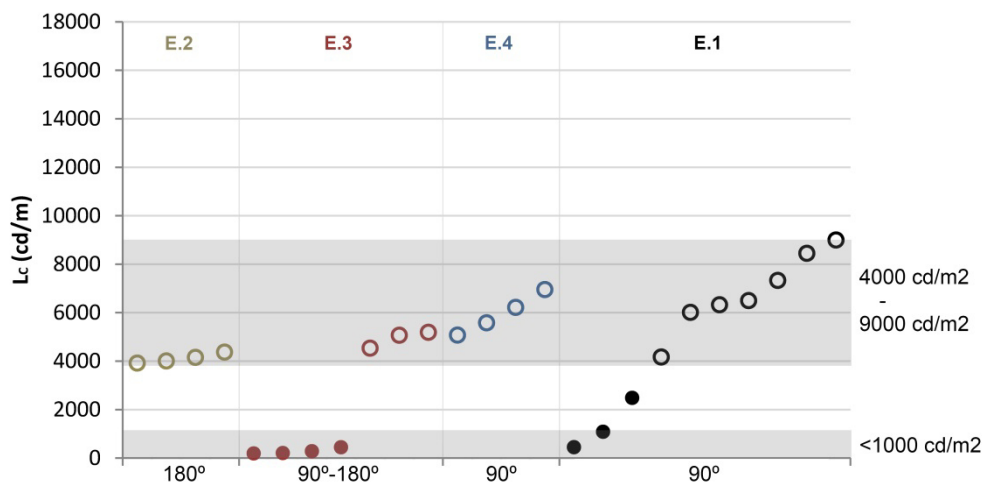


Figura 21: gràfica amb els valors de luminància L_c mesurats a la **Zona 3** (cel i porxos) del camp visual. Valors ordenats per angle entre el punt mesurat i la posició del sol. Els valors propers a 180° corresponen a punts oposats al sol, i disminueixen a mida que ens hi acostem. En gris es mostren els valors mesurats al cel, per una banda, i als porxos, a la part inferior

Les luminàncies L_v a les façanes (**Zona 2**) situades al sol són molt variables perquè són sensibles al color i a l'angle d'incidència. A les façanes de color blanc, la diferència entre un raig perpendicular a la superfície (E.2) i un amb desviació de 30° (E.1) és de l'ordre de 2:1. Si les façanes són de color, la diferència amb les anteriors arriba a ser de 10:1. El rang de L_v de les façanes blanques està entre 8000 i 16000 cd/m^2 , i el de les façanes de color entre 1000 i 3000

cd/m². Si les façanes estan a l'ombra, els valors mesurats queden per sota de les 1000 cd/m², excepte en el cas d'entorns molt reflectants, en què superen els valors de façanes de color al sol, com es veu al cas E.1. En els casos E.3, E.4 i E.5 queda clar que el contrast entre el sol i l'ombra és molt menor que en les façanes blanques.

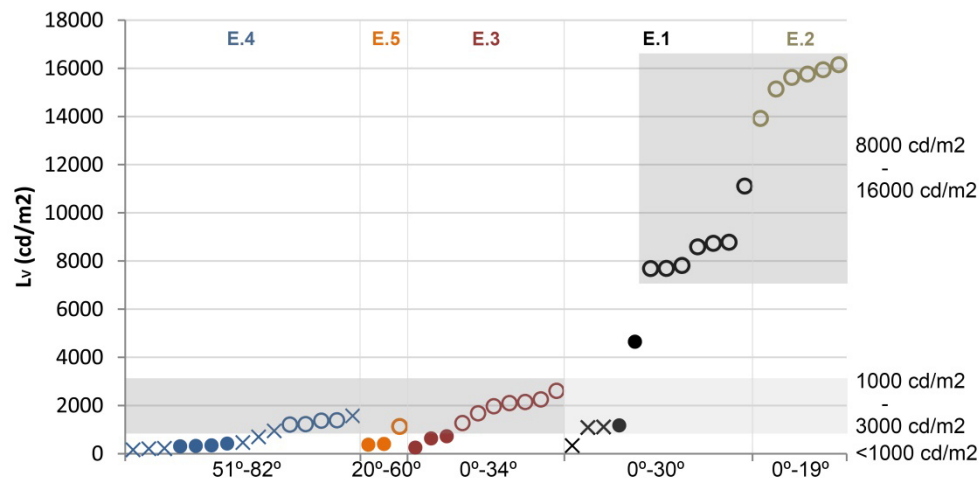


Figura 22: gràfica amb els valors de luminància L_v mesurats a la **Zona 2** (façanes) del camp visual. Valors ordenats per angle entre la perpendicular a la superfície i el raig incident

Les luminàncies L_H als paviments (**Zona 1**) mostren el mateix contrast que en els mesuraments d'il·luminància, una relació de 10:1. En canvi, en aquest cas els valors són més variables degut a l'efecte dels materials. Els valors de L_H més alts es donen als paviments de formigó clar (E.1 i E.2), fins i tot en un paviment de granit (E.3); els valors més baixos corresponen a un paviment de llambordes (E.4) de color més fosc, i a un empedrat gris fosc (E.3). El rang de valors mesurats al sol es troba entre 5000 i 14000 cd/m², mentre que a l'ombra, igual que en el cas de les façanes, els valors no superen les 1000 cd/m², excepte en el cas E.1, on l'entorn és molt reflectant. El contrast entre el sol i l'ombra és major en els materials més clars que en els més foscos. Des de 5:1 en un paviment fosc fins a 30:1 en un paviment de formigó molt clar.

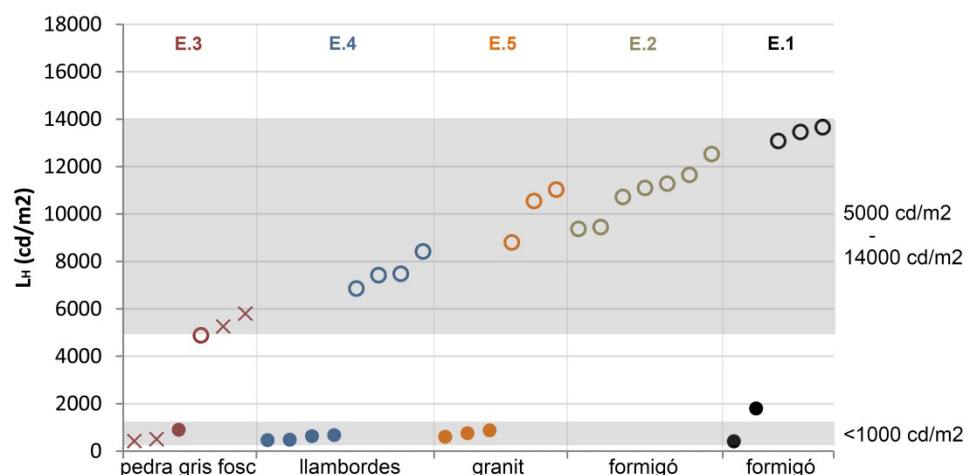


Figura 23: gràfica amb els valors de luminància L_H mesurats a la **Zona 1** (paviments) del camp visual. Valors ordenats per materials, de més fosc a més clar

Anàlisi de les fotografies

E.1 Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT)

L'edifici es troba en un entorn poc edificat que permet la seva visió de diferents angles. No obstant, s'han escollit dues vistes frontals a diferents distàncies per la seva anàlisi. En la primera, la presència d'una filera d'arbres ocupa la part superior de l'escena visual i oculta part del cel. En la segona s'ha superat la filera d'arbres i és possible la visió de bona part de l'edifici i un fragment de cel. A continuació es mostren les fotografies analitzades, amb indicació de les Zones 1, 2 i 3, seguit dels detalls i resultats de les diferents anàlisis de les fotografies.



Figura 24: Imatge I.1.1 (distància focal 18 mm, obertura diafragma f/11, temps exposició 1/320, sensibilitat ISO 200)



Figura 25: Imatge I.1.2 (distància focal 18 mm, obertura diafragma f/11, temps exposició 1/320, sensibilitat ISO 200)

La primera anàlisi consisteix en l'obtenció de dades de llum dels píxels mitjançant el programa de processat detallat a la metodologia. Per fer-ho, el programa necessita les següents dades d'entrada, corresponents a les Imatges I.1.1 i I.1.2:

- Divisions y entre les Zones 1, 2 i 3, mesurades des de la part inferior de la fotografia:
 - imatge I.1.1** (924,1521) píxels
 - imatge I.1.2** (668, 1589) píxels
- Coordenades x, y del punt de calibrat de luminància (origen punt inferior esquerre de la imatge):
 - imatge I.1.1** (2048, 881) píxels
 - imatge I.1.2** (2284,540) píxels
- Valor de luminància del punt x, y per calibrat:
 - imatge I.1.1** 13460 cd/m²
 - imatge I.1.2** 13460 cd/m²

Amb aquesta informació, s’han obtingut les dades de la taula que es mostra a continuació, els valors de la qual s’expressen gràficament a les figures 26 i 27.

Taula 1: valors de luminància mitja, màxim i mínim de luminància i desviació estàndard (en cd/m²) per les Zones 1, 2 i 3 i la imatge en la seva totalitat, corresponent a les imatges I.1.1 i I.1.2

	L mitja (cd/m ²)		L màx., L mín. (cd/m ²)		Desviació estàndard (cd/m ²)	
	I.1.1	I.2.2	I.1.1	I.2.2	I.1.1	I.2.2
Zona 3	4631.4	11058.8	15056.2, 301.9	16441.5, 259.2	3462.5	2626.2
Zona 2	7544.3	7675.6	15315.0, 539.2	15058.7, 583.3	2983.6	2654.3
Zona 1	10246.6	11822.0	16501.4, 1445.2	15037.1, 799.3	2448.9	2578.0
Total	7638.1	9927.7	16501.4, 301.9	16441.5, 259.2	3819.6	3216.9

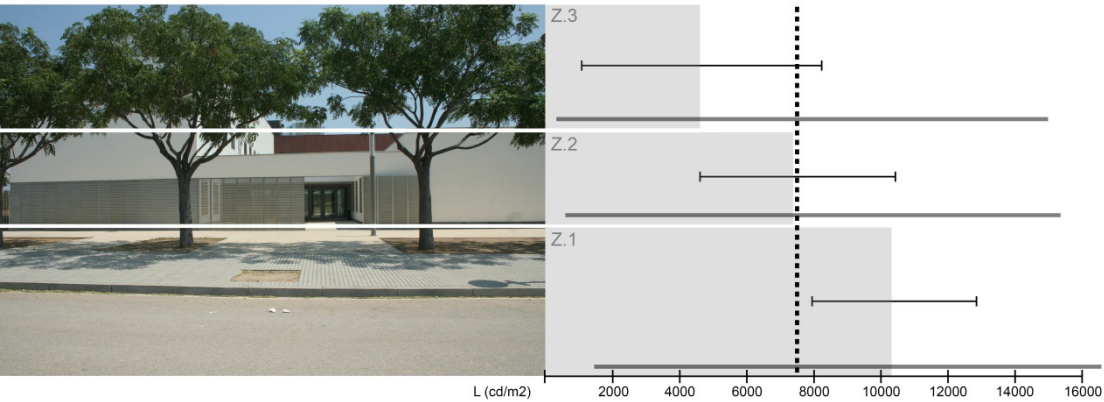


Figura 26: resultat de l’anàlisi dels píxels de la imatge I.1.1; la línia discontinua indica la luminància mitja de la imatge, les barres gris clar la luminància mitja en cada zona del camp visual, i les línies gris fosc els valors màxim i mínim de luminància de cada zona. També es mostra la desviació estàndard de cada zona

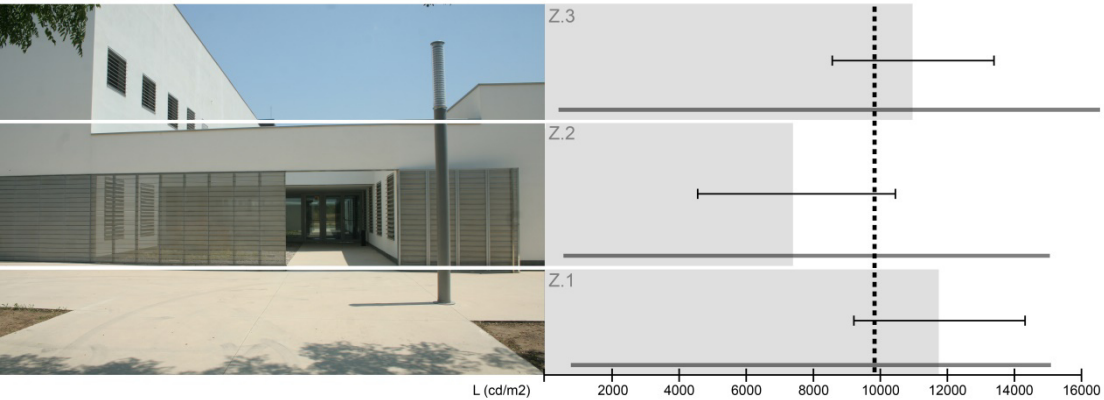


Figura 27: resultat de l’anàlisi dels píxels de la imatge I.1.2; la línia discontinua indica la luminància mitja de la imatge, les barres gris clar la luminància mitja en cada zona del camp visual, i les línies gris fosc els valors màxim i mínim de luminància de cada zona. També es mostra la desviació estàndard de cada zona

A continuació s’analitzen les imatges I.1.1 i I.1.2 convertint-les en un mapa de luminància mitjançant processat en HDR. Per fer-ho s’han utilitzat tres fotografies, una amb l’exposició indicada per la càmera, més una subexposada i una sobreexposada. Les dades referents a l’exposició es mostren a continuació:

	I.1.1			I.2.2		
EV	0	-2	+2	0	-2	+2
Obertura diafragma	f/11	f/11	f/11	f/11	f/11	f/11
Velocitat d'exposició	1/320	1/1250	1/80	1/320	1/1250	1/80

El resultat del processat són les imatges següents:

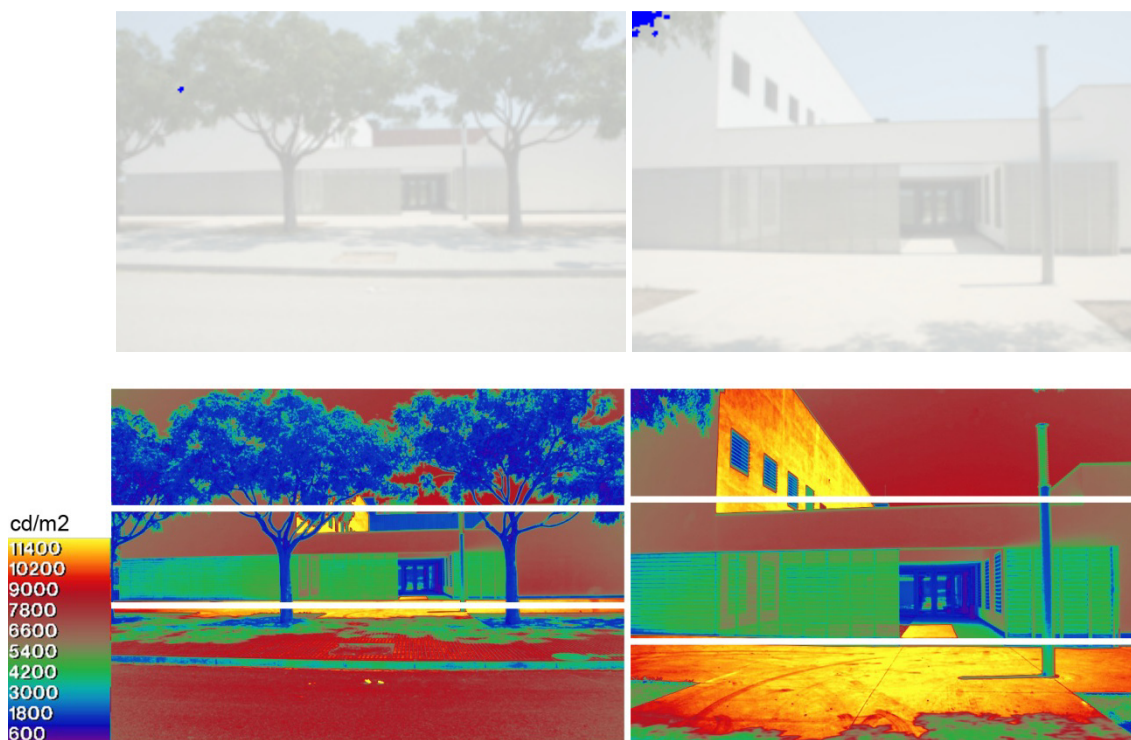


Figura 28: a dalt, imatge mostrant els punts subexposats en blau i sobreexposats en vermell (*heat map*); a sota, anàlisi en HDR de les imatges I.1.1 i I.2.2 amb l'escala de luminàncies a l'esquerra i separació per zones

Si comparem el resultat de les dues anàlisis, veiem que la distribució de luminàncies en l'escena visual és similar, tot i que amb el mapa de luminàncies s'obtenen resultats més baixos. En la imatge I.1.1, amb presència de vegetació i un paviment molt il·luminat, la claredat augmenta de dalt a baix. A la imatge I.2.2, amb més visió del cel i una façana poc il·luminada pel sol, els dos extrems de l'escena ofereixen valors de luminància similars, mentre que la part central queda més fosca. Cal destacar que en els dos casos, el paviment és la zona més clara.

E.2 Centre Cívic Llevant

En el cas d'aquest edifici, com en el cas anterior, la visió es produeix de manera frontal. En la primera imatge (I.2.1) es veu com el pati que precedeix l'entrada està tancat per un mur gris fosc que queda a la part central de l'escena visual. També és visible una bona part del cel i part de la vegetació de l'entorn. A diferència de la primera imatge, amb més elements, a la segona (I.2.2) predomina la visió central de la façana i el paviment a la part inferior, mentre que el cel ocupa una petita part dins l'escena visual.

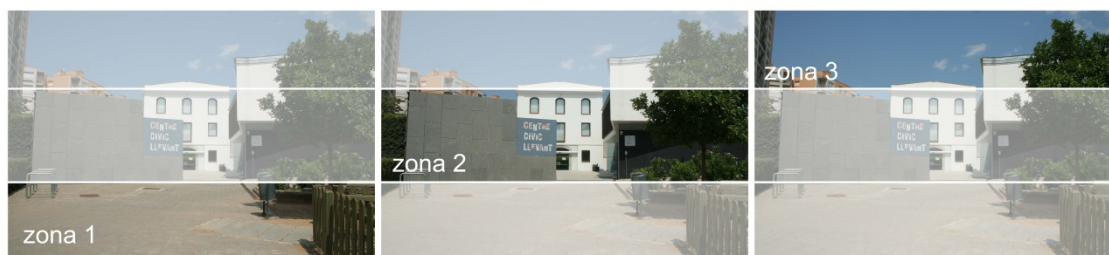


Figura 29: Imatge I.2.1 (distància focal 18 mm, obertura diafragma f/11, temps exposició 1/400, sensibilitat ISO 200)



Figura 30: Imatge I.2.2 (distància focal 18 mm, obertura diafragma f/11, temps exposició 1/500, sensibilitat ISO 200)

La primera anàlisi correspon a l'obtenció de dades de llum dels píxels mitjançant el programa de processat detallat a la metodologia. Per fer-ho, el programa necessita les següents dades d'entrada, corresponents a les Imatges I.2.1 i I.2.2:

- Divisions y entre les Zones 1, 2 i 3, mesurades des de la part inferior de la fotografia:
 - imatge I.2.1** (711, 1564) píxels
 - imatge I.2.2** (682, 1962) píxels
- Coordenades x, y del punt de calibrat de luminància (origen punt inferior esquerre de la imatge):
 - imatge I.2.1** (1827, 1194) píxels
 - imatge I.2.2** (2227,1422) píxels
- Valor de luminància del punt x, y per calibrat:
 - imatge I.2.1** 15900 cd/m²
 - imatge I.2.2** 15900 cd/m²

Amb aquesta informació, s’han obtingut les dades presents a la taula que es mostra a continuació, els valors de la qual s’expressen gràficament a les figures 31 i 32.

Taula 2: valors de luminància mitja, màxim i mínim de luminància i desviació estàndard (en cd/m^2) per les Zones 1, 2 i 3 i la imatge en la seva totalitat, corresponent a les imatges I.2.1 i I.2.2

	L mitja (cd/m^2)		L màx., L mín. (cd/m^2)		Desviació estàndard (cd/m^2)	
	I.2.1	I.2.2	I.2.1	I.2.2	I.2.1	I.2.2
Zona 3	8189.1	8123.3	17260.8, 143.2	16806.3, 155.3	3397.4	3211.3
Zona 2	6766.9	9292.5	18263.5, 119.3	18929.8, 258.9	4649.9	4974.9
Zona 1	8945.2	9628.0	15732.8, 167.1	16443.8, 207.1	3345.9	4212.6
Total	7895.9	9111.7	18263.5, 119.3	18929.8, 155.3	4000.7	4550.1

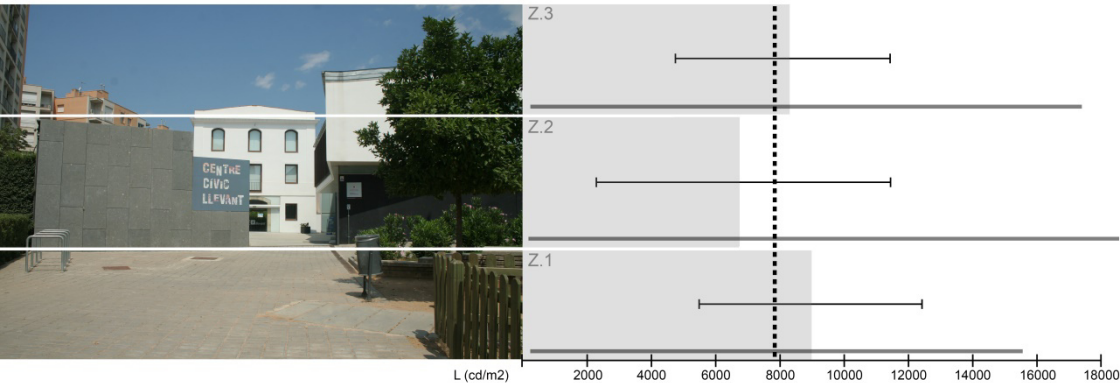


Figura 31: resultat de l’anàlisi dels píxels de la imatge I.2.1; la línia discontinua indica la luminància mitja de la imatge, les barres gris clar la luminància mitja en cada zona del camp visual, i les línies gris fosc els valors màxim i mínim de luminància de cada zona. També es mostra la desviació estàndard de cada zona

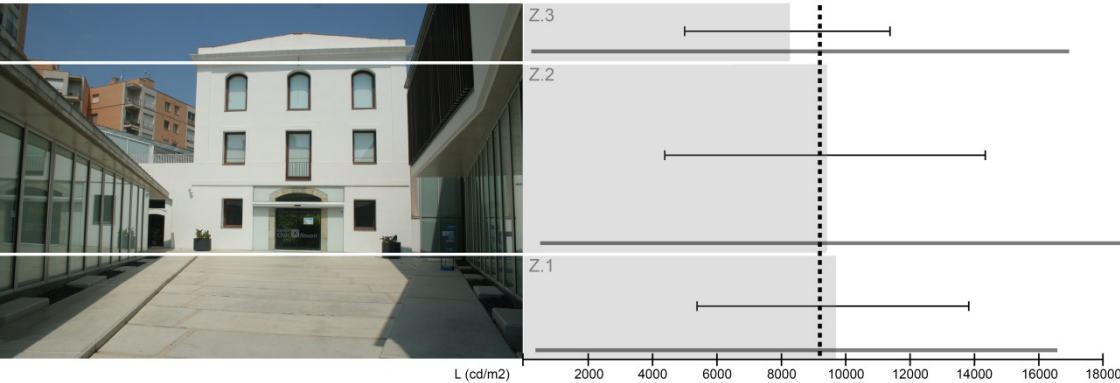


Figura 32: resultat de l’anàlisi dels píxels de la imatge I.2.2; la línia discontinua indica la luminància mitja de la imatge, les barres gris clar la luminància mitja en cada zona del camp visual, i les línies gris fosc els valors màxim i mínim de luminància de cada zona. També es mostra la desviació estàndard de cada zona

A continuació s’analitzen les imatges I.2.1 i I.2.2 convertint-les en un mapa de luminància mitjançant processat en HDR. Per fer-ho s’han utilitzat tres fotografies, una amb l’exposició indicada per la càmera, més una subexposada i una sobreexposada. Les dades referents a l’exposició es mostren a continuació:

	I.2.1			I.2.2		
EV	0	-2	+2	0	-2	+2
Obertura diafragma	f/11	f/11	f/11	f/11	f/11	f/11
Velocitat d'exposició	1/400	1/1600	1/100	1/500	1/2000	1/125

El resultat del processat són les imatges següents:

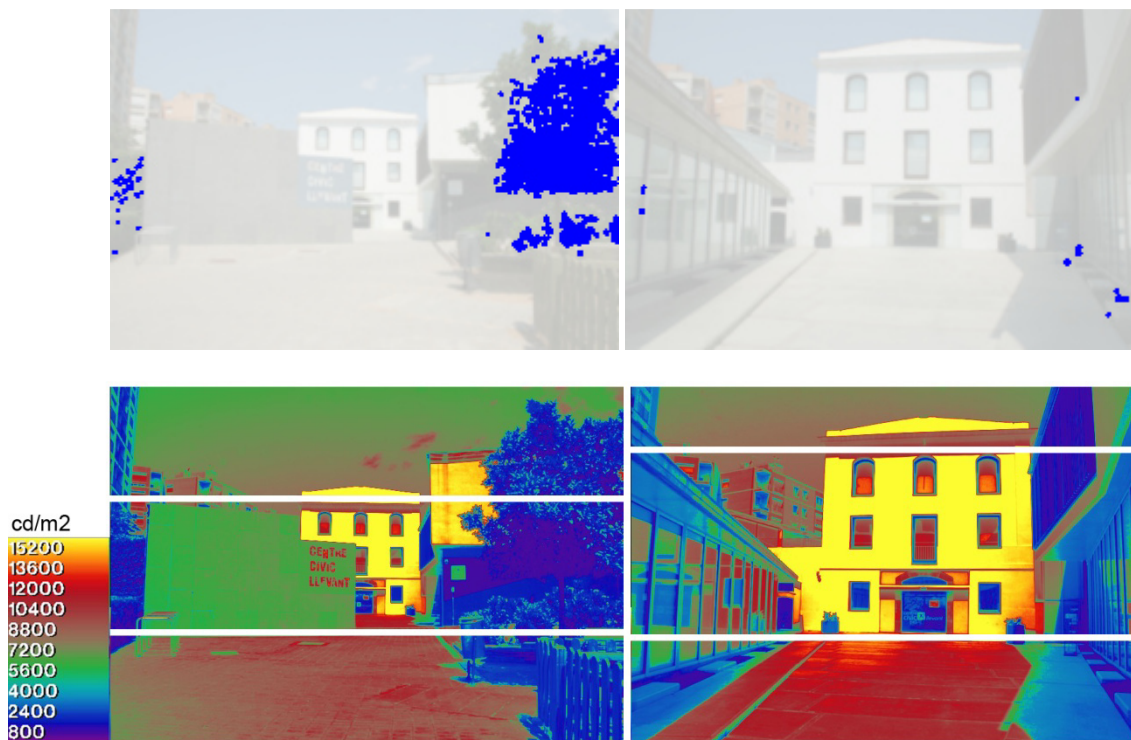


Figura 33: a dalt, imatge mostrant els punts subexposats en blau i sobreexposats en vermell (*heat map*); a sota, anàlisi en HDR de les imatges I.2.1 i I.2.2 amb l'escala de luminàncies a l'esquerra i separació per zones

En aquest cas, la diferència de luminància entre zones no és tan extrem com en el cas E.1. A la imatge I.2.1 destaca l'enfosquiment de la Zona 2 degut a la presència de vegetació i el mur gris, que ocupen bona part del centre de l'escena visual. Al mapa de luminàncies destaca que la vegetació té valors de luminància massa baixos per la seva anàlisi, per tant és la part més fosca. Per contra, la imatge I.2.2 està més equilibrada, ja que tant el paviment com la façana són molt clars. Les zones 1 i 2 tenen valors mitjans similars perquè les parts assolellades de la façana compensen les zones en ombra. En canvi, el paviment presenta més zones al sol. En aquest edifici, igual que en el cas d'estudi anterior, cal destacar que el paviment és la zona més clara del camp visual.

E.3 Seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC)

Les característiques de l'entorn de l'edifici han estat descrites a la presentació del cas d'estudi. En aquest cas, la imatge escollida per analitzar ha estat presa a una certa distància de l'entrada on la façana principal és visible de manera frontal. D'aquesta manera, l'escena visual té una part central que conté la façana exposada al sol i les façanes a l'ombra dels edificis contigus, una petita porció de cel parcialment obstruïda, i una gran proporció de paviment.



Figura 34: Imatge I.3.1 (distància focal 18 mm, obertura diafragma f/8, temps exposició 1/500, sensibilitat ISO 200)

La primera anàlisi correspon a l'obtenció de dades de llum dels píxels mitjançant el programa de processat detallat a la metodologia. Per fer-ho, el programa necessita les següents dades d'entrada, corresponents a la imatge I.3.1:

- Divisions y entre les Zones 1, 2 i 3, mesurades des de la part inferior de la fotografia:
imatge I.3.1 (1428, 3027) píxels
- Coordenades x, y del punt de calibrat de luminància (origen punt inferior esquerre de la imatge):
imatge I.3.1 (853, 2256) píxels
- Valor de luminància del punt x, y per calibrat:
imatge I.3.1 1971 cd/m²

Amb aquesta informació, s'han obtingut les dades presents a la taula que es mostra a continuació, els valors de la qual s'expressen gràficament a la figura 35.

Taula 3: valors de luminància mitja, màxim i mínim de luminància i desviació estàndard (en cd/m²) per les Zones 1, 2 i 3 i la imatge en la seva totalitat, corresponent a la imatge I.3.1

	L mitja (cd/m ²)		L màx., L mín. (cd/m ²)		Desviació estàndard (cd/m ²)	
	I.3.1	-	I.3.1	-	I.3.1	-
Zona 3	1697.2	-	3667.6, 106.6	-	689.0	-
Zona 2	1513.2	-	3886.1, 25.3	-	755.0	-
Zona 1	2063.5	-	3505.1, 71.1	-	471.6	-
Total	1763.4	-	3886.1, 25.3	-	693.8	-

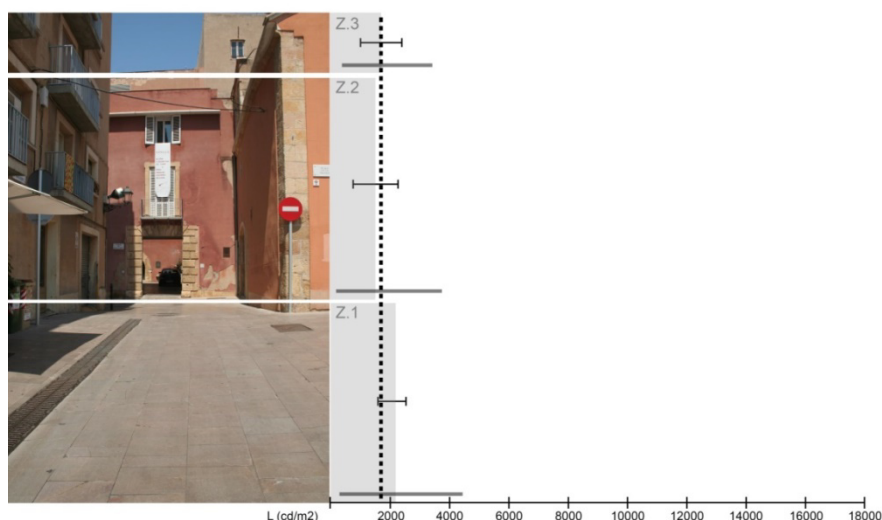


Figura 35: resultat de l'anàlisi dels píxels de la imatge I.3.1; la línia discontinua indica la luminància mitja de la imatge, les barres gris clar la luminància mitja en cada zona del camp visual, i les línies gris fosc els valors màxim i mínim de luminància de cada zona. També es mostra la desviació estàndard de cada zona

A continuació s'analitza la imatge I.3.1 convertint-la en un mapa de luminància mitjançant processat en HDR. Per fer-ho s'han utilitzat tres fotografies, una amb l'exposició indicada per la càmera, més una subexposada i una sobreexposada. Les dades referents a l'exposició es mostren a continuació:

I.3.1			
EV	0	-2	+2
Obertura diafragma	f/8	f/8	f/8
Velocitat d'exposició	1/500	1/2000	1/125

El resultat del processat es la imatge següent:

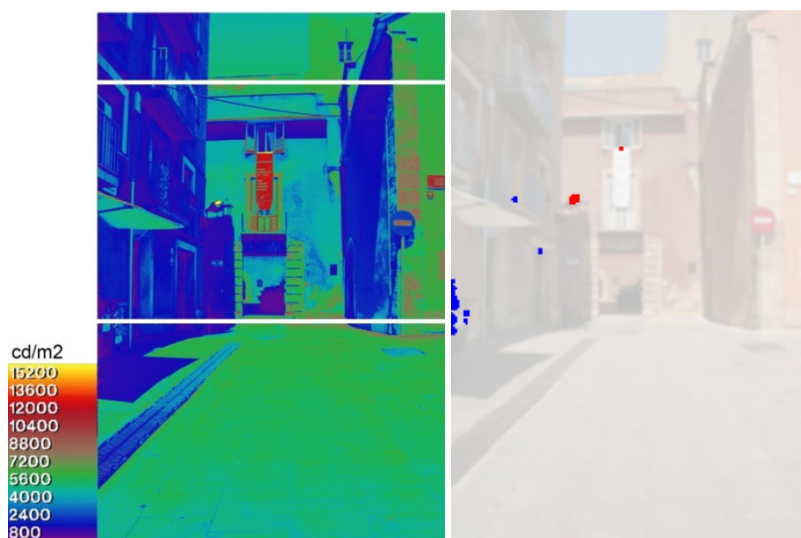


Figura 36: a l'esquerra, anàlisi en HDR de la imatge I.3.1 amb l'escala de luminàncies i separació per zones; a la dreta, imatge mostrant els punts subexposats en blau i sobreexposats en vermell (*heat map*)

Els resultats obtinguts a cada una de les zones són similars. La Zona 3 dóna un resultat intermedi, ja que hi ha part de les façanes dels edificis en ombra i una porció de cel oposat a la posició del sol en el moment de fer la fotografia. La Zona 2 té el resultat més baix degut a la presència de moltes façanes en ombra al costat de façanes a ple sol. La Zona 3 és lleugerament més clara que la resta. Com en els casos d'estudi anteriors, el paviment és la zona més clara de les tres.

E.4 Edifici antiga Tabacalera

Aquest cas d'estudi és el més singular de tots i les imatges escollides responen a visions diferents dels casos anteriors. No es tracta de vistes frontals de l'edifici, sinó de l'entorn des de l'espai intermedi darrere el mur vegetal. Les dues imatges són similars, tot i que miren a costats oposats. La imatge I.4.2 està feta en la direcció del sol, i la imatge I.4.1 en sentit contrari. Les dues imatges compten amb un paviment a l'ombra, una part central on s'entreveu la vegetació del parc i els edificis del voltant, i una part superior corresponent a la visió posterior del mur vegetal, combinat amb parts de cel.

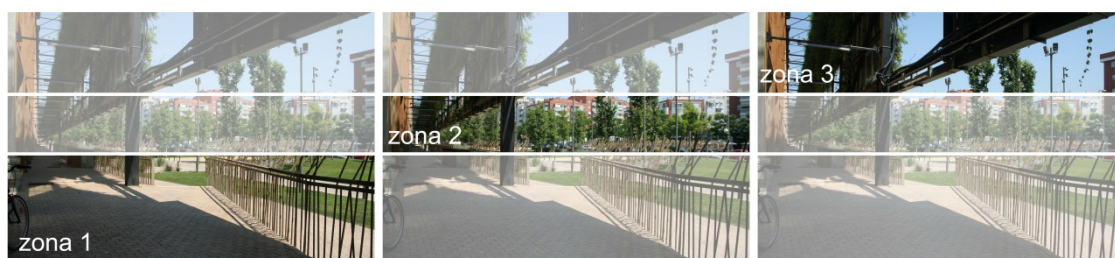


Figura 37: Imatge I.4.1 (distància focal 18 mm, obertura diafragma f/8, temps exposició 1/320, sensibilitat ISO 200)

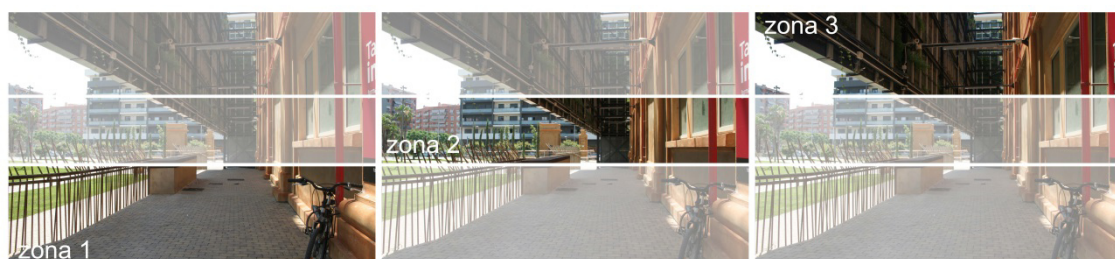


Figura 38: Imatge I.4.2 (distància focal 18 mm, obertura diafragma f/8, temps exposició 1/125, sensibilitat ISO 200)

La primera anàlisi correspon a l'obtenció de dades de llum dels píxels mitjançant el programa de processat detallat a la metodologia. Per fer-ho, el programa necessita les següents dades d'entrada, corresponents a les imatges I.4.1 i I.4.2:

- Divisions y entre les Zones 1, 2 i 3, mesurades des de la part inferior de la fotografia:
 - imatge I.4.1** (1024, 1536) píxels
 - imatge I.4.2** (910, 1536) píxels
- Coordenades x, y del punt de calibrat de luminància (origen punt inferior esquerre de la imatge):
 - imatge I.4.1** (1713, 654) píxels
 - imatge I.4.2** (2913,1450) píxels
- Valor de luminància del punt x, y per calibrat:
 - imatge I.4.1** 7400 cd/m²
 - imatge I.4.2** 1371 cd/m²

Amb aquesta informació, s’han obtingut les dades presents a la taula que es mostra a continuació, els valors de la qual s’expressen gràficament a les figures 39 i 40.

Taula 4: valors de luminància mitja, màxim i mínim de luminància i desviació estàndard (en cd/m^2) per les Zones 1, 2 i 3 i la imatge en la seva totalitat, corresponent a les imatges I.4.1 i I.4.2

	L mitja (cd/m^2)		L màx., L mín. (cd/m^2)		Desviació estàndard (cd/m^2)	
	I.4.1	I.4.2	I.4.1	I.4.2	I.4.1	I.4.2
Zona 3	3293.9	728.1	9189.9, 0.0	2433.4, 12.7	2963.5	701.8
Zona 2	2894.4	961.1	9189.9, 36.0	2433.4, 34.9	1974.6	544.0
Zona 1	3240.6	1008.1	9177.9, 0.0	2433.4, 34.9	2128.4	509.0
Total	3181.4	902.0	9189.9, 0.0	2433.4, 12.7	2414.8	602.0

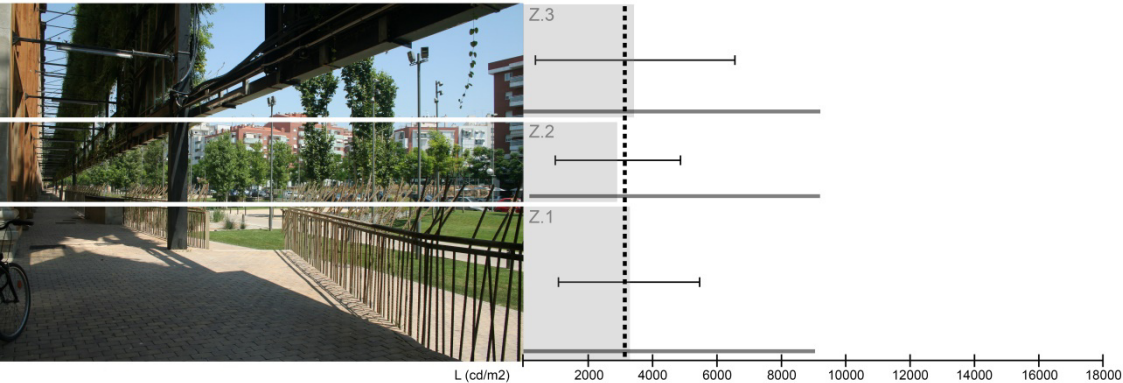


Figura 39: resultat de l’anàlisi dels píxels de la imatge I.4.1; la línia discontinua indica la luminància mitja de la imatge, les barres gris clar la luminància mitja en cada zona del camp visual, i les línies gris fosc els valors màxim i mínim de luminància de cada zona. També es mostra la desviació estàndard de cada zona

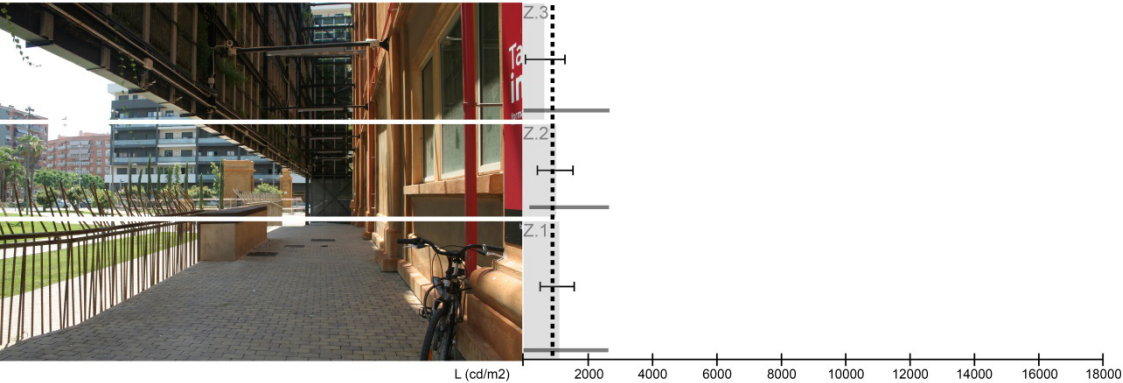


Figura 40: resultat de l’anàlisi dels píxels de la imatge I.4.2; la línia discontinua indica la luminància mitja de la imatge, les barres gris clar la luminància mitja en cada zona del camp visual, i les línies gris fosc els valors màxim i mínim de luminància de cada zona. També es mostra la desviació estàndard de cada zona

A continuació s’analitzen les imatges I.4.1 i I.4.2 convertint-les en un mapa de luminància mitjançant processat en HDR. Per fer-ho s’han utilitzat tres fotografies, una amb l’exposició indicada per la càmera, més una subexposada i una sobreexposada. Les dades referents a l’exposició es mostren a continuació:

	I.4.1			I.4.2		
EV	0	-2	+2	0	-2	+2
Obertura diafragma	f/8	f/8	f/8	f/8	f/8	f/8
Velocitat d'exposició	1/320	1/1250	1/80	1/125	1/500	1/30

El resultat del processat són les imatges següents:

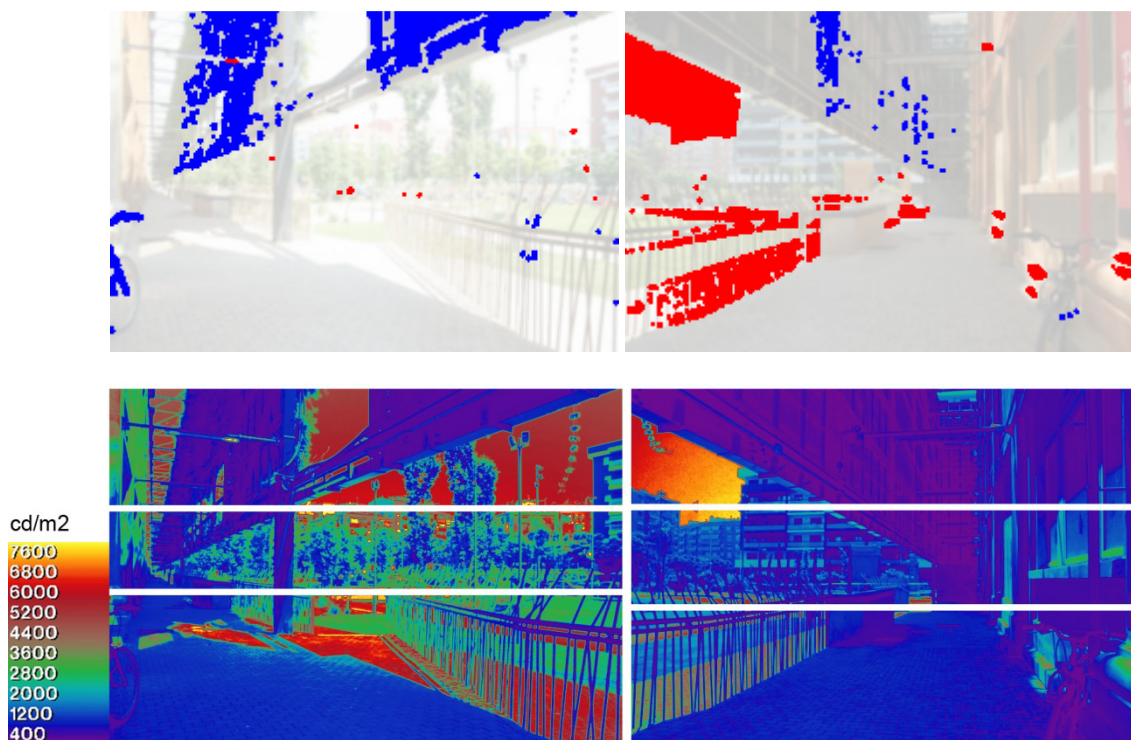


Figura 41: a dalt, imatge mostrant els punts subexposats en blau i sobreexposats en vermell (heat map); a sota, anàlisi en HDR de les imatges I.4.1 i I.4.2 amb l'escala de luminàncies a l'esquerra i separació per zones

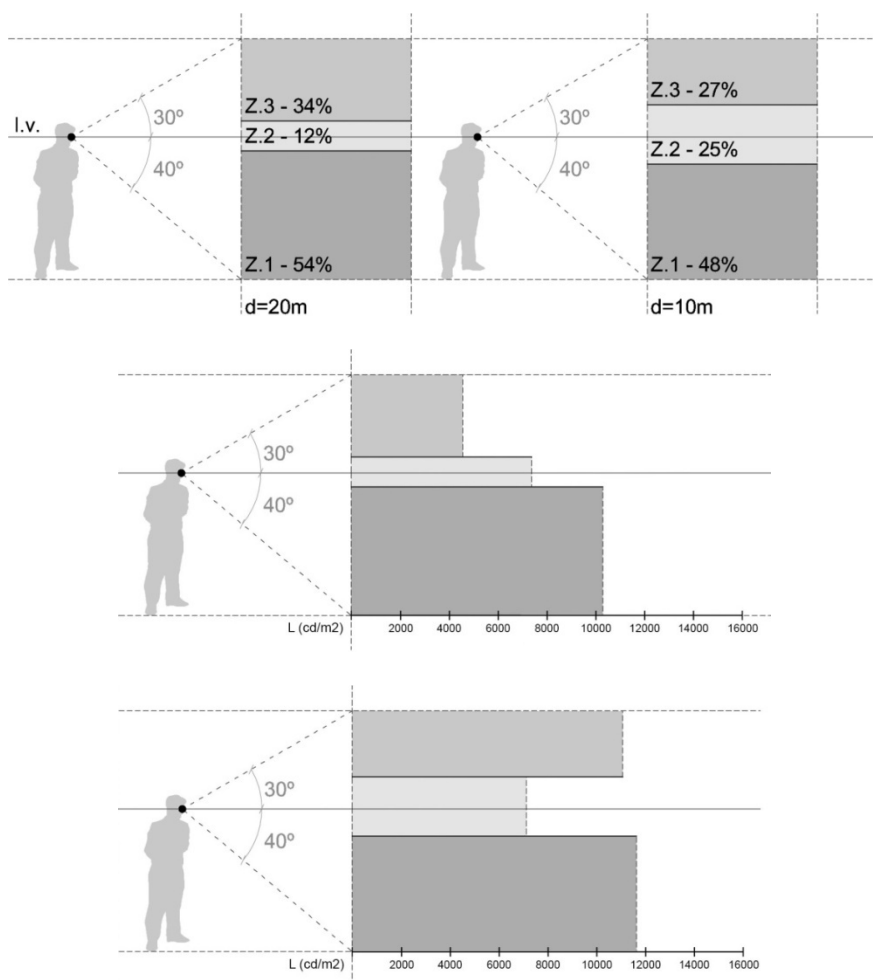
Atenent als mapes de luminància, a la imatge I.4.1 hi ha punts amb valors massa baixos darrere el mur vegetal, i a la imatge I.4.2 punts amb valors massa alts a la part propera al sol. Això indica que són imatges molt contrastades, tot i que els valors de luminància no siguin tan alts com en altres exemples. També es veu clarament la diferència de luminància entre la zona intermèdia i l'exterior. Si anem a l'anàlisi píxel a píxel, les tres zones ofereixen valors molt semblants. Això pot ser degut a la visió en escorç i la posició de l'observador en l'espai intermedi, de manera que les superfícies en sol, en ombra i de diferent naturalesa es barregen de manera més notable que en els altres casos. A diferència dels casos anteriors, només a la imatge I.4.2 el paviment és lleugerament més clar que les altres zones, ja que bona part es troba a l'ombra.

Les fotografies en context

Si bé representen l'entorn, les fotografies analitzades no corresponen exactament a les proporcions que ocuparia cada zona dins el camp visual. La fotografia té uns límits físics diferents que els del camp visual humà i no corresponen exactament a la manera com mirem l'entorn mentre caminem. Anteriorment s'ha definit el camp visual d'una persona en moviment, dividit en franges horitzontals amb diferent sensibilitat. També s'ha caracteritzat l'entorn urbà dividint-lo en tres zones on es troben els elements principals de l'escena. De la combinació dels dos esquemes s'obtenen diagrames que mostren les proporcions de cel, façanes i paviments més semblants a la visió humana. Aquesta operació s'ha fet per cada cas d'estudi, atenent a la distància de visió i l'alçada dels edificis. Posteriorment, s'han integrat els valors de luminància dels resultats de l'anàlisi fotogràfica per mostrar el pes de cada zona en el camp visual en termes de proporció i de lluminositat. Els resultats es mostren a continuació.

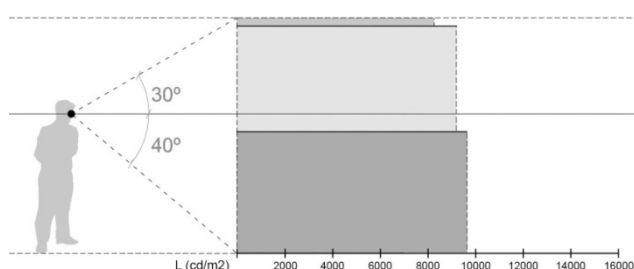
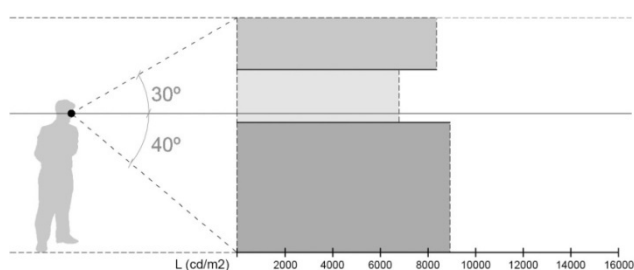
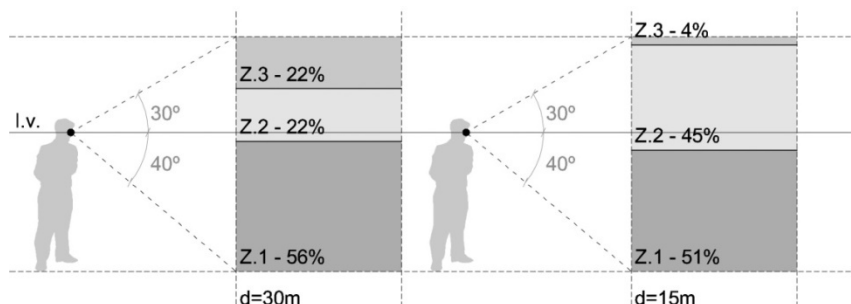
E.1 Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT)

Les fotografies s'han dut a terme a unes distàncies de 20 m (E.1.1) i 10 m (E.1.2). Les proporcions de les tres zones dins el camp visual per aquestes distàncies i un edifici de planta baixa es mostren a continuació juntament amb els diagrames ponderats.



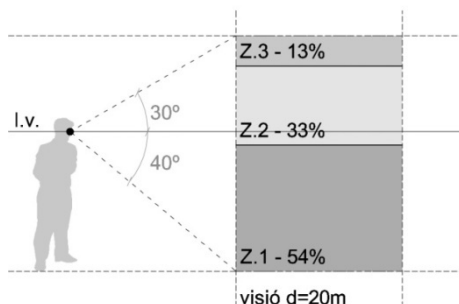
E.2 Centre Cívic Llevant

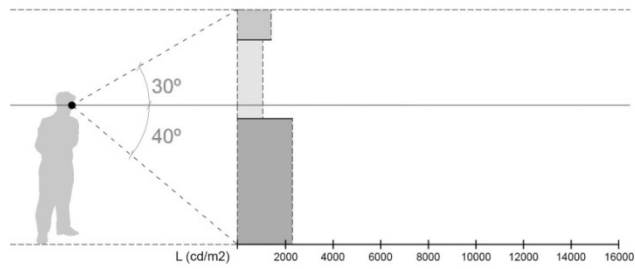
Les fotografies s'han dut a terme a unes distàncies de 30 m (E.2.1) i 15 m (E.2.2). Les proporcions de les tres zones dins el camp visual per aquestes distàncies i un edifici de planta baixa es mostren a continuació juntament amb els diagrames ponderats.



E.3 Seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC)

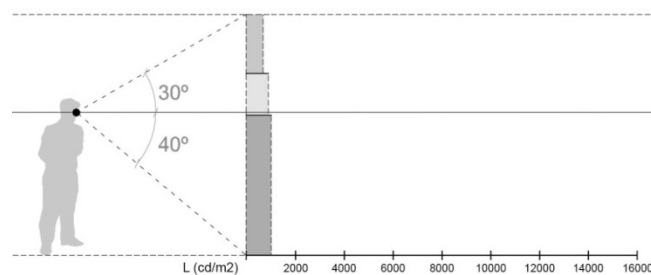
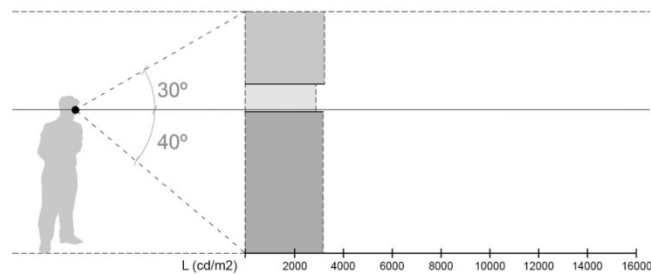
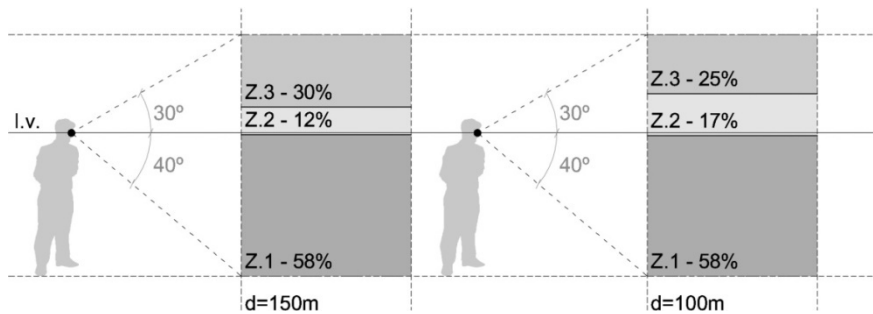
La fotografia s'ha dut a terme a una distàncies de 20 m (E.3.1). Les proporcions de les tres zones dins el camp visual per aquesta distància i un edifici de planta baixa i dues plantes pis es mostren a continuació juntament amb el diagrama ponderat.





E.4 Edifici antiga Tabacalera

Les fotografies s'han dut a terme a unes distàncies de 100 m (E.1.1) i 150 m (E.1.2) dels edificis de l'entorn. Les proporcions de les tres zones dins el camp visual per aquestes distàncies i un entorn amb edificis de planta baixa i set plantes pis es mostren a continuació juntament amb els diagrames ponderats.



Càlcul contrast espacial (*spatial brightness*)

A partir de les fotografies dels casos d'estudi es va realitzar el càlcul de l'índex de contrast espacial (*spatial brightness*)⁴ per cada zona de l'escena visual, i els resultats es van introduir a la gràfica de la figura 44 de la tesi. El càlcul va donar els següents resultats:

Contrast espacial							
	I.1.1	I.1.2	I.2.1	I.2.2	I.3.1	I.4.1	I.4.2
Zona 3	1.78	0.64	0.85	0.60	0.98	2.11	1.65
Zona 2	0.99	0.72	1.18	0.88	1.27	3.40	1.90
Zona 1	3.05	0.41	0.65	0.48	0.78	1.39	0.90

Contrast espacial (normalitzat al valor màxim de cada imatge)							
	I.1.1	I.1.2	I.2.1	I.2.2	I.3.1	I.4.1	I.4.2
Zona 3	0.58	0.88	0.72	0.68	0.76	0.62	0.86
Zona 2	0.32	1	1	1	1	1	1
Zona 1	1	0.57	0.57	0.54	0.61	0.41	0.47

⁴ Siobhan Rockcastle, Marilyne Andersen. Measuring the Dynamics of contrast & daylight variability in architecture: a proof-of-concept methodology

Càlcul del coeficient de reflexió dels materials en els casos d'estudi

Els mesuraments realitzats van permetre calcular el coeficient de reflexió dels materials a partir dels valors de luminància i il·luminància obtinguts. Aquest coeficient es va obtenir a partir del càlcul, en el cas de materials amb reflexió difosa, segons la següent fórmula:

$$E_{V,H} \cdot r = \pi \cdot L_{V,H}$$

Aplicant aquesta fórmula als mesuraments realitzats al sol i a l'ombra, es van obtenir els següents resultats:

Taula 5: Llistat de materials presents als casos d'estudi, amb els valors de luminància i il·luminància mesurats, i els diferents coeficients de reflexió calculats

Material	Paràmetre	Valors					
Monocapa blanc	E_V (lux)	45000	4200	17440	52900	49200	
	L_V (cd/m ²)	11110	1174	4648	15760	13920	
	r	0.78	0.88	0.84	0.94	0.89	
Arrebossat granate	E_V (lux)	31300	3060				
	L_V (cd/m ²)	2100	253				
	r	0.21	0.26				
	E_V (lux)	15000	11250	11840	11400		
	L_V (cd/m ²)	1371	1226	1386	1207		
	r	0.29	0.34	0.37	0.33		
Arrebossat ocre	E_V (lux)	3810	3000	4580	3300		
	L_V (cd/m ²)	343.6	321.1	418.8	305.6		
	r	0.28	0.34	0.29	0.29		
Acer cortén	E_V (lux)	22700	22400	9950			
	L_V (cd/m ²)	404	373	1129			
	r	0.06	0.05	0.36			
	E_H (lux)	93700	95000	91600	92300		
	L_H (cd/m ²)	6858	7422	7481	8424		
	r	0.23	0.25	0.26	0.29		
Paviment llambordes	E_H (lux)	9820	6730	6290	9320		
	L_H (cd/m ²)	674.9	465.6	484.9	630.9		
	r	0.22	0.22	0.24	0.21		
Paviment pedra*	E_H (lux)	87800	6900				
	L_H (cd/m ²)	5800	426.5				
	r	0.21	0.19				
	E_H (lux)	98500	96700	97800	2990	15550	
	L_H (cd/m ²)	13460	13660	13080	416	1802	
	r	0.43	0.44	0.42	0.44	0.36	
Paviment formigó	E_H (lux)	90000	91400	92900	95000	96700	
	L_H (cd/m ²)	9373	10720	12530	9449	11280	
	r	0.33	0.37	0.42	0.31	0.37	
Paviment granit	E_H (lux)	94700	93600	94900	8400	8310	8360
	L_H (cd/m ²)	10550	8801	11030	878.6	604.1	756.3
	r	0.35	0.30	0.37	0.33	0.23	0.28

Detall del programa desenvolupat per l'anàlisi píxel a píxel de les imatges

```
//program Judit
// weight parts of bmp picture and find average partial
luminances and deviations
//
// A. Isalgue and J. Lopez, 2014
//

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <io.h>

#include <math.h>
#include <windows.h>
#include <iostream.h>

void main(void)  {

long long i, j,
k,nz,nz1,nz2,nz3,nmax,nmax0,llmin,llmax,nmin0,nmin;
long long
kmax,lmax,nmax1,nmax2,nmax3,alm,anm,ample,al3,al32,aa,su;
long long min1,min2,min3,max1,max2,max3,nmin1,nmin2,nmin3;
double
lnz,lnmax,lnz1,lnz2,lnz3,lnmax1,lnmax2,lnmax3,fllmin,fllmax;
double lnmin1,lnmin2,lnmin3,ln7651,ln7652,ln7653,ln1,ln2,ln3;
double Lm,falt,fanch,fal3,fal32,llmax1,llmax2,llmax3;
double res1,res2,res3,lc2,flc2,fmin1,fmax1,fnmin1,fnmax1;
double sum1,sum2,sum3,ss,s1,s2,s3,fnlmax,fnlmin;
float rlect1,rlect2;
double rat1,rat2,rat3;
float rluminp,rxpat,rypat,rvpunt;
long long lect1,lect2,xpat,ypat,vpunt,iluminp;
long long altura,
anchura,nlmax,nlmin,op,n7651,n7652,n7653,n1,n2,n3;
char c;
char line[100];
;
// Estructuras de datos para almacenar los encabezamientos del
BMP
BITMAPFILEHEADER EncabezadoImagen;
BITMAPINFOHEADER InformacionEncabezadoImagen;
FILE *PunteroImagenInicial;
FILE *PunteroDatos;
FILE *Salida;
// dimensiones maximas foto
//int alt=5000;
//int anch=5000;
static unsigned char Rojo[5000][5000];
static unsigned char Verde[5000][5000];
```

```

static unsigned char Azul[5000][5000];
;
printf("Hola, comencem el programa\n");
Lm=0.0;
llmax=0;
llmin=765;
n1=0;
n2=0;
n3=0;
nz=0;
nmax=0;
nmax0=0;
nmin0=0;
nmin=0;
flc2=0.0;
nz1=0;
nz2=0;
nz3=0;
n7651=0;
n7652=0;
n7653=0;
nmax1=0;
nmax2=0;
nmax3=0;

sum1=0.0;
sum2=0.0;
sum3=0.0;
res1=0.0;
res2=0.0;
res3=0.0;
ss=0;
s1=0;
s2=0;
s3=0;
max1=0;
max2=0;
max3=0;
min1=765;
min2=765;
min3=765;
nmin1=0;
nmin2=0;
nmin3=0;
nmax1=0;
nmax2=0;
nmax3=0;
lc2=0;
;
PunteroImagenInicial = fopen("dib1.bmp","rb");
PunteroDatos = fopen("res.dat","wa");
// Leemos los encabezamientos
fread(&EncabezadoImagen,sizeof(EncabezadoImagen), 1,
PunteroImagenInicial);
fread(&InformacionEncabezadoImagen,sizeof(InformacionEncabezadoI
macen), 1, PunteroImagenInicial);

```

```

//Guardamos la anchura y altura de la imagen
altura =InformacionEncabezadoImagen.biHeight;
anchura=InformacionEncabezadoImagen.biWidth;
// Leemos la Imagen Inicial, y las partes
falt=altura;
fanch=anchura;
op=(falt/3);
al3=op;
fal3=op;
op=(2*falt/3);
al32=op;
fal32=op;
lect1=al3;
lect2=al32;
printf("Foto de alt*ample: %f %f          Divisions 1/3, 2/3: %f
%f\n",falt,fanch,fal3,fal32);
printf("Entrar divisio per sota, un valor sencer intro, un segon
valor intro \n");
    fgets(line, sizeof(line), stdin);
    sscanf(line, "%f", &rlect1);
    fgets(line, sizeof(line), stdin);
    sscanf(line, "%f", &rlect2);
lect1=rlect1;
lect2=rlect2;
al3=lect1;
fal3=al3;
al32=lect2;
fal32=lect2;

printf("Foto de alt*ample: %f %f          Divisions actuals: %f
%f\n",falt,fanch,fal3,fal32);
for(int i=0 ; i<altura ; ++i)
{for(int j=0 ; j<anchura ; ++j)
{
Azul[i][j] = fgetc(PunteroImagenInicial); // B
Verde[i][j] =fgetc(PunteroImagenInicial); // G
Rojo[i][j] =fgetc(PunteroImagenInicial); // R
su=Azul[i][j]+Verde[i][j]+Rojo[i][j];
lc2=lc2+su;
;
if (su==0)
    {nz=nz+1;
    };
    ;
if (su==765)
    {nmax=nmax+1;
    };
    ;
if (su>llmax)
    {llmax=su;
    };
;
if (su<llmin)
    {llmin=su;
    };
;

```

```

        ;
};
};
;
//llmax te el maxim de base 765
;
flc2=(lc2/altura/anchura);
ss=0;
//flc2 es el valor mig L de la foto
//calcul sigma total, ss
for(int i=0 ; i<altura ; ++i)
{for(int j=0 ; j<anchura ; ++j)
{    su=Azul[i][j]+Verde[i][j]+Rojo[i][j];
    ss=ss+(su-flc2)*(su-flc2);
//calcul no. de min i de max
if (su==llmax)
    {nmax0=nmax0+1;
    };
    ;
    if (su==llmin)
    {nmin0=nmin0+1;
    };
};
;

};
};
ss=sqrt(ss/falt/fanch);
;
//ara venen els bucles de sumar
//no. cops maxim i 0
//atencio fer-ho per bandes: 0-altura/3, altura/3-2*altura/3,
2*altura/3-altura
// atencio, el bitmap comença per sota!!!
for(int i=0 ; i<a13 ; i++)
{for(int j=0 ; j<anchura ; j++)
{
    n1=n1+1;
    su=Rojo[i][j]+Verde[i][j]+Azul[i][j];
    sum1=sum1+su;
    if(su<min1)
        {min1=su;
        }
        ;
    if(su>max1)
        {max1=su;
        }
        ;
    if(su==0)
    {nz1=nz1+1;
    }
    ;
    if(su==765)
    {n7651=n7651+1;
    }
    ;
};
;

```

```

};
};
;
for(int i=al3 ; i<al32 ; i++)
{for(int j=0 ; j<anchura ; j++)
{
    n2=n2+1;
    su=Rojo[i][j]+Verde[i][j]+Azul[i][j];
    sum2=sum2+su;
    if(su<min2)
        {min2=su;
        }
    ;
    if(su>max2)
        {max2=su;
        }
    ;
    if(su==0)
    {nz2=nz2+1;
    }
    ;
    if(su==765)
    {n7652=n7652+1;
    }
    ;
};
};
;
for(int i=al32 ; i<altura ; i++)
{for(int j=0 ; j<anchura ; j++)
{
    n3=n3+1;
    su=Rojo[i][j]+Verde[i][j]+Azul[i][j];
    sum3=sum3+su;
    if(su<min3)
        {min3=su;
        }
    ;
    if(su>max3)
        {max3=su;
        }
    ;
    if(su==0)
    {nz3=nz3+1;
    }
    ;
    if(su==765)
    {n7653=n7653+1;
    }
    ;
;
};
};
;
res1=(sum1/n1);
res2=(sum2/n2);

```

```

res3=(sum3/n3);
// iterar per fer les desviacions estandard i contar els max i
min
//atencio fer-ho per bandes: 0-altura/3, altura/3-2*altura/3,
2*altura/3-altura o el que es demana
// atencio, el bitmap comença per sota!!!
for(int i=0 ; i<al3 ; i++)
{for(int j=0 ; j<anchura ; j++)
{
            su=Rojo[i][j]+Verde[i][j]+Azul[i][j];
s1=s1+(su-res1)*(su-res1);
if(su==min1)
        {nmin1=nmin1+1;
        }
        ;
if(su==max1)
        {nmax1=nmax1+1;
        }
        ;
;
};
};
;
for(int i=al3 ; i<al32 ; i++)
{for(int j=0 ; j<anchura ; j++)
{
            su=Rojo[i][j]+Verde[i][j]+Azul[i][j];
s2=s2+(su-res2)*(su-res2);
if(su==min2)
        {nmin2=nmin2+1;
        }
        ;
if(su==max2)
        {nmax2=nmax2+1;
        }
        ;
;
};
};
;
for(int i=al32 ; i<altura ; i++)
{for(int j=0 ; j<anchura ; j++)
{
            su=Rojo[i][j]+Verde[i][j]+Azul[i][j];
s3=s3+(su-res3)*(su-res3);
if(su==min3)
        {nmin3=nmin3+1;
        }
        ;
if(su==max3)
        {nmax3=nmax3+1;
        }
        ;
;
};
};

```

```

};
;
s1=sqrt((s1/fanch/al3));
s2=sqrt((s2/fanch/(al32-al3)));
s3=sqrt((s3/fanch/(altura-al32)));
ln1=n1;
ln2=n2;
ln3=n3;
lnz=nz;
lnmax=nmax;
lnz1=nz1;
lnz2=nz2;
lnz3=nz3;
ln7651=n7651;
ln7652=n7652;
ln7653=n7653;
lnmax1=nmax1;
lnmax2=nmax2;
lnmax3=nmax3;
lnmin1=nmin1;
lnmin2=nmin2;
lnmin3=nmin3;
;
// resultats
printf("La foto te dades de luminancia L mitja 0-765: %f
Desviació estandard L: %f \n", flc2,ss);
fllmax=llmax;
fllmin=llmin;
fnlmax=nmax0;
fnlmin=nmin0;
printf("Lmax, Lmin, NoLmax, NoLmin (L:0-765): %f %f %f
%f\n",fllmax,fllmin,fnlmax,fnlmin);
printf("Nombre 0, nombre 765: %f %f \n", lnz, lnmax);
printf("Suma L zones 1,2,3: %f %f %f \n",sum1,sum2,sum3);
printf("Promig L zones 1, 2, 3: %f %f %f
\n",res1,res2,res3);
printf("Desviacio L zones 1, 2, 3: %f %f %f \n",s1,s2,s3);
printf("\n");
fmax1=max1;
fmin1=min1;
printf("Zona 1: Lmax, Lmin, NLmax, NLmin: %f %f %f
%f\n",fmax1,fmin1,lnmax1,lnmin1);
printf("Zona 1: No. 765, No. 0: %f %f \n",ln7651,lnz1);
printf("\n");

fmax1=max2;
fmin1=min2;
printf("Zona 2: Lmax, Lmin, NLmax, NLmin: %f %f %f
%f\n",fmax1,fmin1,lnmax2,lnmin2);
printf("Zona 2: No. 765, No. 0: %f %f \n",ln7652,lnz2);
printf("\n");

fmax1=max3;
fmin1=min3;
printf("Zona 3: Lmax, Lmin, NLmax, LNmin: %f %f %f
%f\n",fmax1,fmin1,lnmax3,lnmin3);

```



```

printf("Zona 3: No. 765, No. 0: %f %f \n",ln7653,lnz3);
//escriure al fitxer
fprintf(PunteroDatos,"Foto de alt*ample: %f %f\n",falt,fanch);
fprintf(PunteroDatos,"Divisions 1/3, 2/3 : %f %f
\n",fal3,fal32);
fprintf(PunteroDatos,"No. pixels zona 1, 2, 3 : %f %f %f
\n",ln1,ln2,ln3);
fprintf(PunteroDatos,"La foto te luminancia mitja 0-765:
%f\n",flc2);
fprintf(PunteroDatos,"La foto te desviacio estandard L:
%f\n",ss);
fprintf(PunteroDatos," \n");
fprintf(PunteroDatos,"Nombre 0, nombre 765: %f %f \n", lnz,
lnmax);
fprintf(PunteroDatos,"Lmax, Lmin (0-765): %f %f
\n",fllmax,fllmin);
fprintf(PunteroDatos,"No.Lmax, No.Lmin: %f %f
\n",fnlmax,fnlmin);
fprintf(PunteroDatos," \n");
fprintf(PunteroDatos,"Suma L zones 1,2,3: %f %f %f
\n",sum1,sum2,sum3);
fprintf(PunteroDatos," \n");
fprintf(PunteroDatos,"Promig L zones 1, 2, 3: %f %f %f
\n",res1,res2,res3);
fprintf(PunteroDatos,"Desviacio L zones 1, 2, 3: %f %f %f
\n",s1,s2,s3);
fprintf(PunteroDatos," \n");
fprintf(PunteroDatos," \n");
fmax1=max1;
fmin1=min1;
fprintf(PunteroDatos,"Zona 1: Lmax, Lmin: %f %f
\n",fmax1,fmin1);
fprintf(PunteroDatos,"Zona 1: nLmax, nLmin: %f %f
\n",lnmax1,lnmin1);
fprintf(PunteroDatos,"Zona 1: No. 765, No. 0: %f %f
\n",ln7651,lnz1);
fprintf(PunteroDatos," \n");
fprintf(PunteroDatos," \n");
fmax1=max2;
fmin1=min2;
fprintf(PunteroDatos,"Zona 2: Lmax, Lmin: %f %f
\n",fmax1,fmin1);
fprintf(PunteroDatos,"Zona 2: nLmax, nLmin: %f %f \n",
lnmax2,lnmin2);
fprintf(PunteroDatos,"Zona 2: No. 765, No. 0: %f %f
\n",ln7652,lnz2);
fprintf(PunteroDatos," \n");
fprintf(PunteroDatos," \n");
fmax1=max3;
fmin1=min3;
fprintf(PunteroDatos,"Zona 3: Lmax, Lmin: %f %f
\n",fmax1,fmin1);
fprintf(PunteroDatos,"Zona 3: nLmax, nLmin: %f %f \n",
lnmax3,lnmin3);
fprintf(PunteroDatos,"Zona 3: No. 765, No. 0: %f %f
\n",ln7653,lnz3);

```

```

;
printf("\n");
fprintf(PunteroDatos, " \n");

if (res1>0) {
    rat1=s1/res1;
    fprintf(PunteroDatos, "Desv1/Promedio1:  %f
\n",rat1);
    printf("Desv1/Promedio1:  %f \n",rat1);
};
;
if (res2>0) {
    rat2=s2/res2;
    fprintf(PunteroDatos, "Desv2/Promedio2:  %f
\n",rat2);
    printf("Desv2/Promedio2:  %f \n",rat2);
};
;
if (res3>0) {
    rat3=s3/res3;
    fprintf(PunteroDatos, "Desv3/Promedio3:  %f
\n",rat3);
    printf("Desv3/Promedio3:  %f \n",rat3);
};
;
;
fclose(PunteroImagenInicial);
fclose(PunteroDatos);
;
printf("Luminancia punt que donaras (0 si no): \n");
    fgets(line, sizeof(line), stdin);
    sscanf(line, "%f", &rluminp);
    iluminp=rluminp;
;
    if(rluminp>0) {

printf("Coordenada x del punt: \n");
    fgets(line, sizeof(line), stdin);
    sscanf(line, "%f", &rxpat);
    xpat=rxpat;
printf("Coordenada y del punt (0=baix): \n");
    fgets(line, sizeof(line), stdin);
    sscanf(line, "%f", &rypat);
    ypat=rypat;
    for (int i=-1;i<2;i++) {
        for (int j=-1;j<2;j++) {
vpunt=Rojo[ypat+j][xpat+i]+Verde[ypat+j][xpat+i]+Azul[ypat+j][xp
at+i];
                                }
                                }
                                rvpunt=vpunt/9.0;
printf("El valor del punt x, y +/-1 es: %f %f %f
\n",rxpat,rypat,rvpunt);

```

```

        Salida = fopen("resul.dat","wa");

fprintf(Salida,"Foto de alt*ample: %f %f\n",falt,fanch);
fprintf(Salida,"Divisions 1/3, 2/3 : %f %f \n",fal3,fal32);
fprintf(Salida,"No. pixels zona 1, 2, 3 : %f %f %f
\n",ln1,ln2,ln3);
flc2=flc2*rluminp/765.0;
fprintf(Salida,"Punt calibracio (+/-1), valor foto, cd/m2: %f %f
%f %f\n",rxpat,rypat,rvpunt,rluminp);
fprintf(Salida,"La foto te luminancia mitja L (cd/m2):
%f\n",flc2);
ss=ss*rluminp/765.0;
fprintf(Salida,"La foto te desviacio estandard L (cd/m2):
%f\n",ss);
fprintf(Salida," \n");
fprintf(Salida,"Nombre 0, nombre 765: %f %f \n",lnz,lnmax);
fprintf(Salida,"Lmax, Lmin (0-765): %f %f \n",fllmax,fllmin);
fprintf(Salida,"No.Lmax, No.Lmin: %f %f \n",fnlmax,fnlmin);
fprintf(Salida," \n");
fprintf(PunteroDatos,"Suma L zones 1,2,3: %f %f %f
\n",sum1,sum2,sum3);
fprintf(Salida," \n");
res1=res1*rluminp/765.0;
res2=res2*rluminp/765.0;
res3=res3*rluminp/765.0;

fprintf(Salida,"Promig L zones 1, 2, 3 (cd/m2): %f %f %f
\n",res1,res2,res3);
s1=s1*rluminp/765.0;
s2=s2*rluminp/765.0;
s3=s3*rluminp/765.0;
fprintf(Salida,"Desviacio L zones 1, 2, 3 (cd/m2): %f %f %f
\n",s1,s2,s3);
fprintf(Salida," \n");
fprintf(Salida," \n");
fmax1=max1*rluminp/765.0;
fmin1=min1*rluminp/765.0;
fprintf(Salida,"Zona 1: Lmax, Lmin (cd/m2): %f %f
\n",fmax1,fmin1);
fprintf(Salida,"Zona 1: nLmax, nLmin: %f %f \n",lnmax1,lnmin1);
fprintf(Salida,"Zona 1: No. 765, No. 0: %f %f \n",ln7651,lnz1);
fprintf(Salida," \n");
fprintf(Salida," \n");
fmax1=max2*rluminp/765.0;
fmin1=min2*rluminp/765.0;
fprintf(Salida,"Zona 2: Lmax, Lmin (cd/m2): %f %f
\n",fmax1,fmin1);
fprintf(Salida,"Zona 2: nLmax, nLmin: %f %f \n",
lnmax2,lnmin2);
fprintf(Salida,"Zona 2: No. 765, No. 0: %f %f \n",ln7652,lnz2);
fprintf(Salida," \n");
fprintf(Salida," \n");
fmax1=max3*rluminp/765.0;
fmin1=min3*rluminp/765.0;
fprintf(Salida,"Zona 3: Lmax, Lmin (cd/m2): %f %f
\n",fmax1,fmin1);

```

```

fprintf(Salida,"Zona 3: nLmax, nLmin: %f %f \n",
lnmax3,lnmin3);
fprintf(Salida,"Zona 3: No. 765, No. 0: %f %f \n",ln7653,lnz3);
;
fprintf(Salida," \n");

if (res1>0) {
    rat1=s1/res1;
    fprintf(Salida,"Desv1/Promedio1: %f \n",rat1);
};
;
if (res2>0) {
    rat2=s2/res2;
    fprintf(Salida,"Desv2/Promedio2: %f \n",rat2);
};
;
if (res3>0) {
    rat3=s3/res3;
    fprintf(Salida,"Desv3/Promedio3: %f \n",rat3);
};
;

fclose(Salida);
// tanca arxiu
}
;

printf("He acabat la tasca\n");
c=getchar();
}

```

ANNEX II. MESURAMENTS DE LUMINÀNCIA EN VESTÍBULS

METODOLOGIA

Paral·lelament al treball dut a terme per determinar el valor de les luminàncies d'una escena visual urbana mediterrània, explicat a l'Annex I, es van realitzar mesuraments a l'interior dels vestíbuls dels edificis situats en aquest entorn. Amb aquestes mesures es pretenia obtenir un ventall de valors reals de luminància de terres, parets i sostres en espais d'accés als edificis. A fi de poder comparar aquests valors amb els de l'exterior es va realitzar una distinció en tres zones assimilables a les de l'escena visual urbana, superfícies verticals i horitzontals en les diferents posicions de l'escena. Els edificis estudiats són els que apareixen a l'Annex I (**E.1, E.2, E.3, E.4 i E.5**).

La metodologia emprada per obtenir valors de luminància en vestíbuls és similar a la que s'ha explicat a l'annex anterior. El treball de camp es va dur a terme simultàniament a les mesures de l'exterior, en diferents dies del mes de juliol de 2013, entre les 12:00 i les 14:00 hores. L'objectiu era obtenir dades lumíniques en les hores i estació de l'any amb més incidència solar que, a més, es trobessin en condicions de cel descobert, així que es van descartar els dies amb certa nuvolositat.

A diferència del treball sobre l'escena visual exterior, aquí només es van realitzar mesuraments i no anàlisi fotogràfica. Les mesures que es van prendre són les que es mostren a continuació, amb elecció de punts in situ:

- Valors de luminància de sostre (L_s).
- Valors d'il·luminància (E_v) sobre el pla vertical.
- Valors de luminància en el pla vertical (L_v).
- Valors d'il·luminància (E_h) sobre el pla horitzontal.
- Valors de luminància en el pla horitzontal (L_h).

L'instrumental emprat va ser: luxòmetre Lutron LX-102 i luminancímetre Konica Minolta LS-110.



Figura 1: luxòmetre Lutron LX-102 i luminancímetre Konica Minolta LS-110

Els resultats dels mesuraments es mostren en quadres amb els valors de luminància i il·luminància mesurats en cada escena visual, indicant la ubicació dels punts de mesura dins l'escena. A continuació, els resultats es mostren conjuntament en gràfiques i s'analitzen diferenciats per cada zona del camp visual.

CASOS D'ESTUDI

Els casos d'estudi són els mateixos de l'Annex I. En aquell cas es va analitzar l'entorn immediat de cinc edificis, mentre que en aquest cas, l'anàlisi correspon als vestíbuls dels propis edificis. A continuació es mostren fotografies de l'aproximació i interior dels vestíbuls mesurats.

E.1 Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT)

Localització: C/ Joanot Martorell, 15, Vila-seca
Lat: 41° 6' N Long: 1° 8' E

L'entrada al PCT es produeix a través d'un pati definit per murs de poca alçada i la pròpia edificació, al que segueix un porxo de considerable profunditat; darrere seu es troba el vestíbul. Aquest és un espai rectangular amb connexió a la resta de l'edifici pels costats, i un tancament de vidre com a separació amb el pati d'entrada i el posterior. Una bona part de la vidriera està tractada a l'àcid i permet només la visió parcial a través seu. Els acabats interiors són de color clar, amb un sostre enguixat blanc, paviment de terratzo beige i panells melaminats de color gris clar a les parets. L'espai rep molta llum de l'exterior blanc situat darrere els vidres, tot i que existeixen bastantes zones d'ombra.



Figura 2: vistes de la façana, el porxo d'accés i el vestíbul

E.2 Centre Cívic Llevant

Localització: Pl. De l'Hort dels Canonges, 1, Reus
Lat: 41° 9' N Long: 1° 6' E

Per entrar al Centre Cívic Llevant cal recórrer un pati que formen dos edificis nous i l'antiga masia rehabilitada. El vestíbul d'entrada es troba dins la masia, darrere la porta principal, sense voladís. L'espai del vestíbul és aproximadament quadrat en planta i té una estructura de formigó que defineix un quadrat central amb canvi de material en el sostre (formigó vist / enguixat) i en el paviment (fusta / pedra polida de color fosc). Les parets són blanques i només hi ha retallades les finestres de la façana i una ampliació a la part posterior que dona a un petit jardí. L'entrada de llum es produeix per aquesta ampliació i per la porta d'entrada, creant un contrallum bastant fort dependent de l'hora del dia.



Figura 3: vistes del pati, la porta d'entrada i el vestíbul

E.3 Seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC)

Localització: C/ Sant Llorenç, 20-22, Tarragona

Lat: 41° 7' N Long: 1° 15' E

L'accés a la Seu de la Demarcació està formada per una sèrie d'espais articulats. La façana està alineada amb el carrer i dóna pas a un porxo que comunica amb el pati interior. Aquest pati és ombrívol ja que està envoltat de cossos d'alçada considerable comparats amb la dimensió en planta. Des d'aquí, a mà esquerra es troba l'entrada al vestíbul interior, que es produeix a través d'una marquesina vidriada que deixa veure l'interior. L'espai del vestíbul és rectangular, més ample que llarg, i té una finestra que dóna al pati just davant la porta d'entrada. Si bé el sostre és blanc, les parets estan acabades amb un estuc granat, similar al color que s'ha utilitzat a les façanes. Les fusteries i altres elements són també de color blanc. El paviment és de pedra, gris clar. La llum entra per la porta d'entrada i per les finestres a la paret frontal, amb visió al jardí posterior.



Figura 4: vistes de la porta d'entrada, el porxo, el pati i el vestíbul

E.4 Edifici antiga Tabacalera

Localització: Av. Card. Vidal i Barraquer, s/n, Tarragona
Lat: 41° 7' N Long: 1° 15' E

L'edifici de l'antiga fàbrica de tabacs és un gran immoble parcialment en desús i en continua transformació. Per això, la seva entrada té un cert aire de provisionalitat. La doble pell vegetal que recobreix la façana s'interromp verticalment on hi ha el vestíbul per deixar entrar la llum i fer visible l'entrada. Aquí s'hi troba la porta d'accés, que dona a un espai petit en planta però amb triple alçada, que conté les comunicacions verticals. L'espai en si no té interès formal per la sensació d'inacabat que transmet, ja que les parets estan acabades amb plafons de cartró guix i contenen una senyalització precària. La llum que arriba a aquest espai prové de la franja de vidre a triple alçada de la façana que fa que aquest espai estigui generosa i uniformement il·luminat.



Figura 5: vistes de l'accés amb la façana vegetal, la porta d'entrada i el vestíbul interior

E.5 Palau de Firal i de Congressos

Localització: C/ Arquitecte Rovira, 2, Tarragona
Lat: 41° 7' N Long: 1° 15' E

L'edifici del Palau Firal es troba en un entorn geogràficament molt accidentat. L'accés es produeix per una escala lateral que salva un salt de més de 15 metres entre el carrer superior i l'inferior. Aquesta escala forma part de l'espai públic, i la porta d'entrada al recinte es troba a la meitat inferior del seu recorregut. D'aquí s'accedeix a un espai que precedeix el vestíbul d'entrada amb el punt de control. Mitjançant un gir a l'esquerra s'accedeix a un gran atri precedit per un pas amb l'alçada d'una porta, que organitza la distribució de les circulacions del palau. És un atri estret i llarg, amb molta alçada, esvelt. L'aspecte de tot el conjunt és més aviat fosc, ja que els materials també ho són: obra vista de ceràmica de color marró fosc, paviment de pedra polida també fosca, i sostre de formigó vist. La verticalitat de l'espai fa que la presència del sostre quedi minimitzada dins l'escena. L'entrada de llum natural és escassa i es produeix de manera rasant a través de l'obertura frontal de l'atri que mostra la roca viva de l'antiga pedrera. La llum artificial és dèbil i majoritàriament indirecta, creant un ambient tènue.

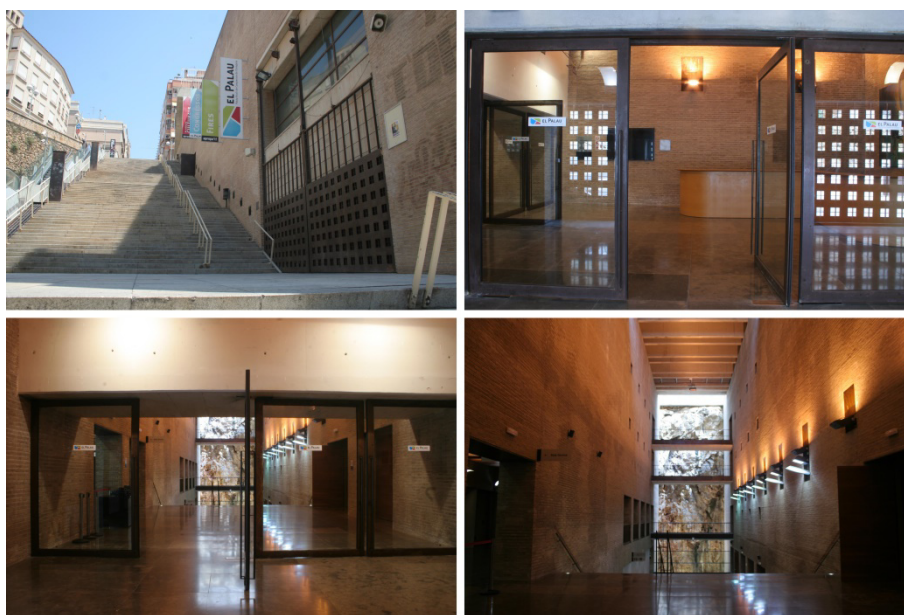
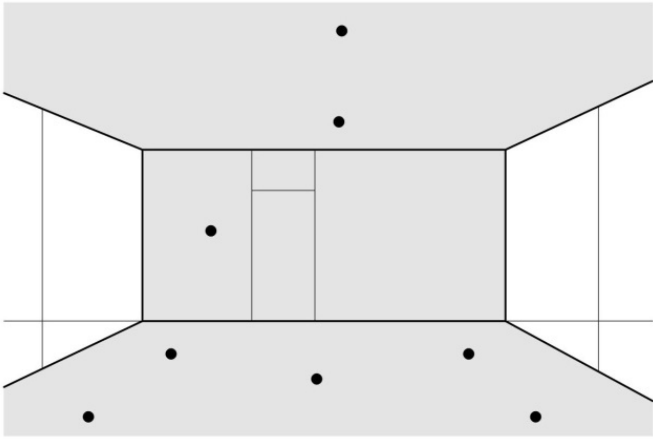


Figura 6: vistes de l'escala d'accés, la porta d'entrada, el vestíbul i l'atri

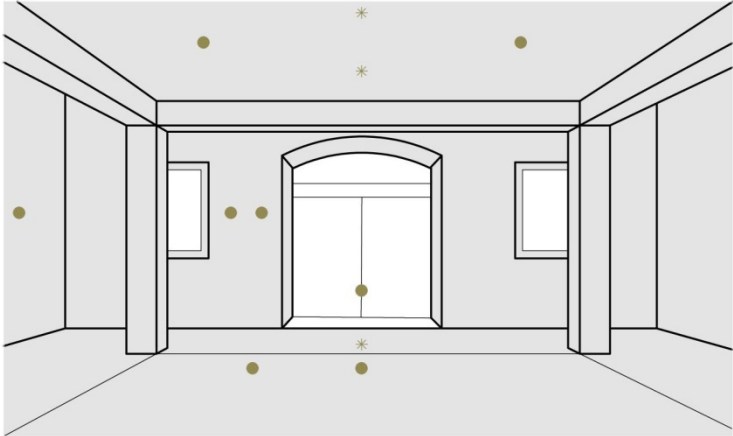
RESULTATS

E.1 Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT)

Punt de vista E.1.1 interior						
						
Zona 3	Sostre	L_s (cd/m ²)	200.9	184		
Zona 2	Parets	E_v (lux)	749			
		L_v (cd/m ²)	70.38			
Zona 1	Paviment	E_H (lux)	1568	950	886	938
		L_H (cd/m ²)	125.6	53.28	68.61	62.05
					69.69	

E.2 Centre Cívic Llevant

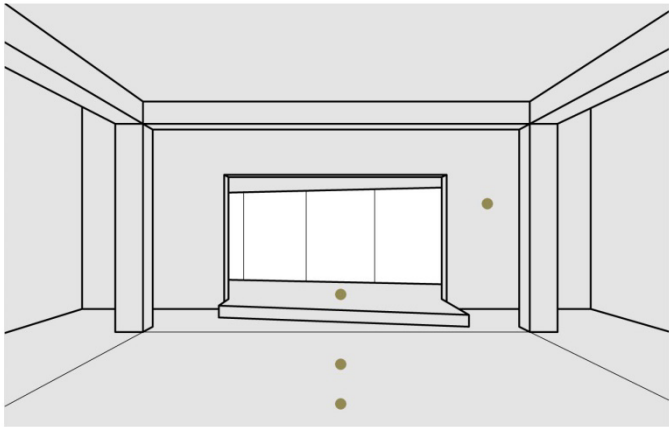
Punt de vista E.2.1 interior



Zona 3	Sostre	L_s (cd/m ²)	180.1	189	994.1*	1433*
Zona 2	Parets	E_v (lux)		626	900	
		L_v (cd/m ²)	186.7	199	265	
Zona 1	Paviment	E_H (lux)				3300
		L_H (cd/m ²)	9659*	2206*	70.47	268.4

*Valors mesurats sobre superfícies amb reflexió especular; *valors corresponents a superfícies exteriors vistes des de l'interior

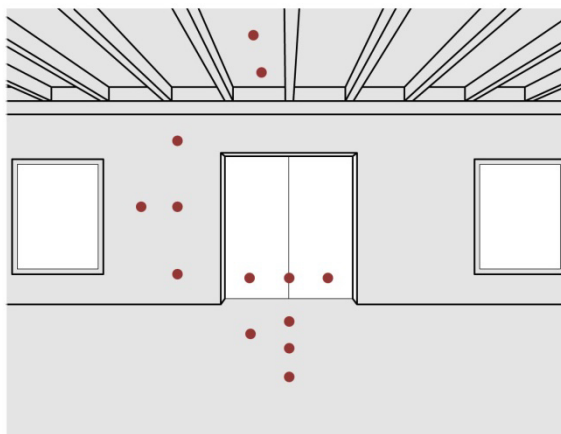
Punt de vista E.2.2 interior



Zona 3	Sostre	L_s (cd/m ²)				
Zona 2	Parets	E_v (lux)	584			
		L_v (cd/m ²)	167			
Zona 1	Paviment	E_H (lux)	779	451		880
		L_H (cd/m ²)	24.19	23.49	32.35	60.49 46.26

E.3 Seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC)

Punt de vista E.3.1 interior

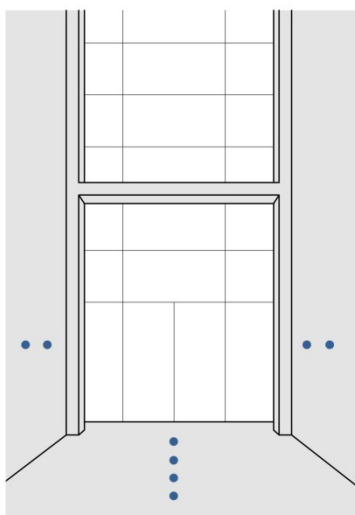


Zona 3	Sostre	L_s (cd/m ²)	155	310					
Zona 2	Parets	E_v (lux)					3990		
		L_v (cd/m ²)	31.65	36.55	26.92	29.7			
Zona 1	Paviment	E_H (lux)					2370		
		L_H (cd/m ²)	276	162	106	150	6067 ⁺	5761 ⁺	5447 ⁺

⁺Valors corresponents a superfícies exteriors vistes des de l'interior

E.4 Edifici antiga Tabacalera

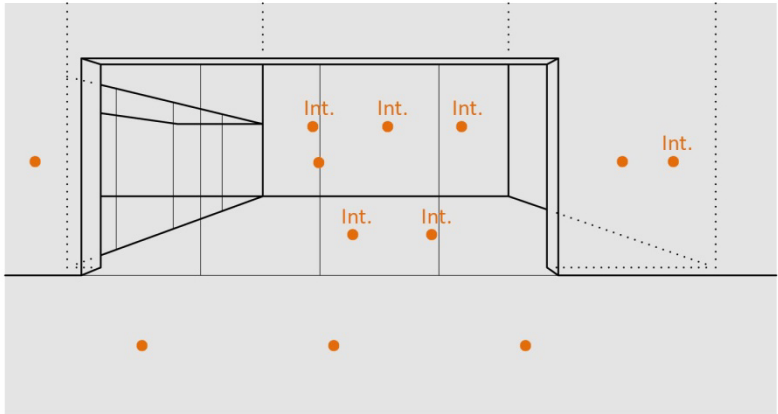
Punt de vista E.4.1 interior



Zona 3	Sostre	L_s (cd/m ²)							
Zona 2	Parets	E_v (lux)	808	613	1034	884			
		L_v (cd/m ²)	254.6	215.3	167.8	148.1			
Zona 1	Paviment	E_H (lux)	1500	1272	1075	802			
		L_H (cd/m ²)	131.9	74.85	102.4	58.55			

E.5 Palau Firal i de Congressos

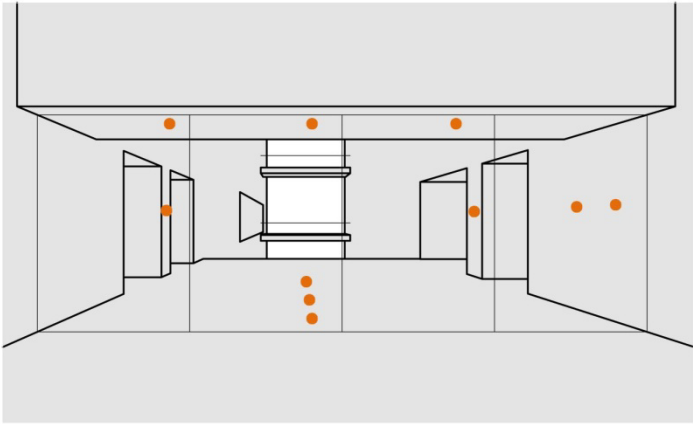
Punt de vista E.5.1 interior



Zona 3	Sostre	L_s (cd/m ²)							
Zona 2	Parets	E_v (lux)	210	405	250	107 ⁱⁿ	191 ⁱⁿ	140 ⁱⁿ	102 ⁱⁿ
		L_v (cd/m ²)	20.62		14.73	14.37 ⁱⁿ	21.32 ⁱⁿ	10.26 ⁱⁿ	8.35 ⁱⁿ
Zona 1	Paviment	E_H (lux)	333	535	428	181 ⁱⁿ	140 ⁱⁿ		
		L_H (cd/m ²)	6.79	10.88	7.30	6.83 ⁱⁿ	7.94 ⁱⁿ		

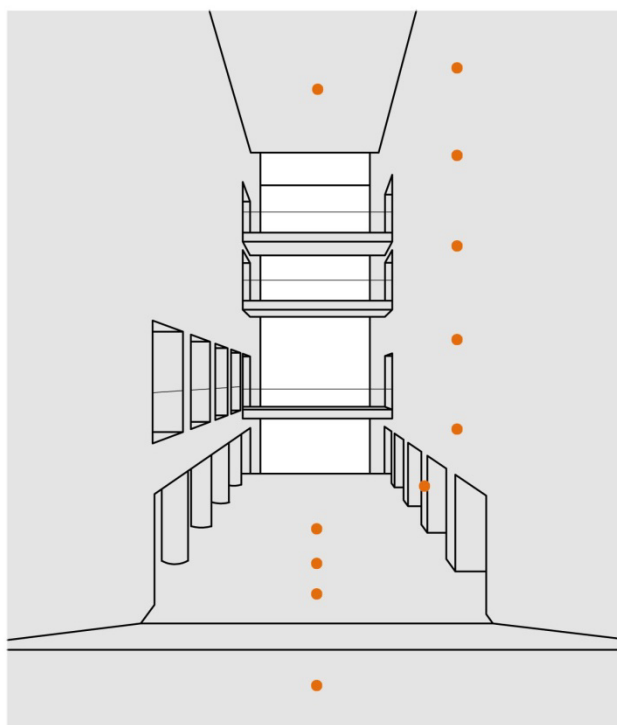
ⁱⁿ Valors corresponents a les superfícies del vestíbul més interior, indicades amb Int. a la imatge

Punt de vista E.5.2 interior



Zona 3	Sostre	L _S (cd/m ²)	4.29	5.47	5.49	
Zona 2	Parets	E _V (lux)	118	27	83	72
		L _V (cd/m ²)	16.30	3.63	8.16	5.84
Zona 1	Paviment	E _H (lux)	240	135	162	
		L _H (cd/m ²)	6.84	10.35	9.28	

Punt de vista E.5.3 interior



Zona 3	Sostre	L_s (cd/m ²)	43					
Zona 2	Parets	E_v (lux)						
		L_v (cd/m ²)	26.74	26.07	42.07	27.6	9.32	
Zona 1	Paviment	E_H (lux)	185	157	161	80		
		L_H (cd/m ²)	10.94	7.02	5.40	7.86		

Gràfiques valors mesurats

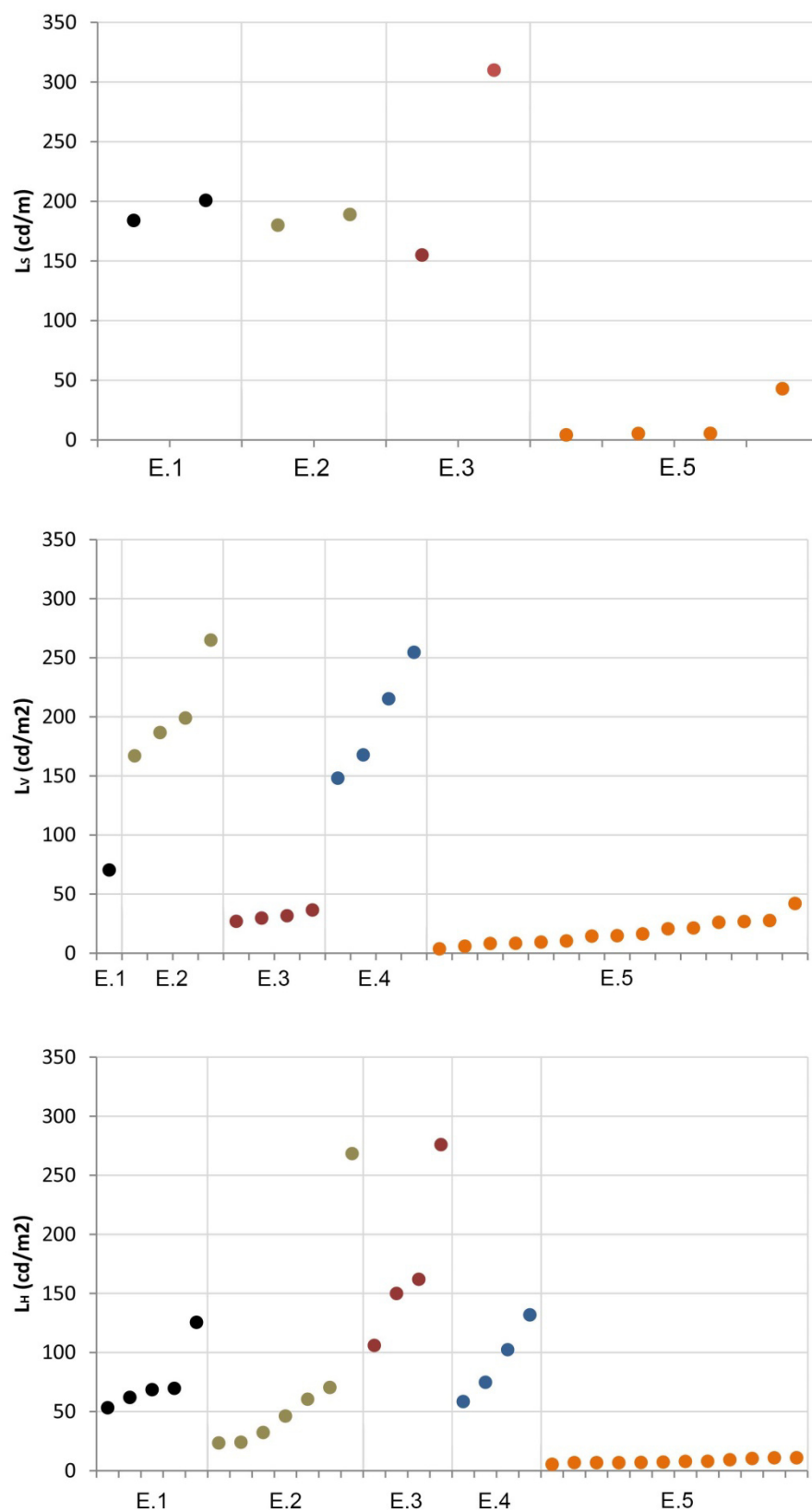


Figura 7: gràfiques amb els valors (de dalt a baix) de luminància L_s mesurats al sostre, L_v mesurats a les parets i L_h mesurats al paviment. Valors ordenats per casos d'estudi

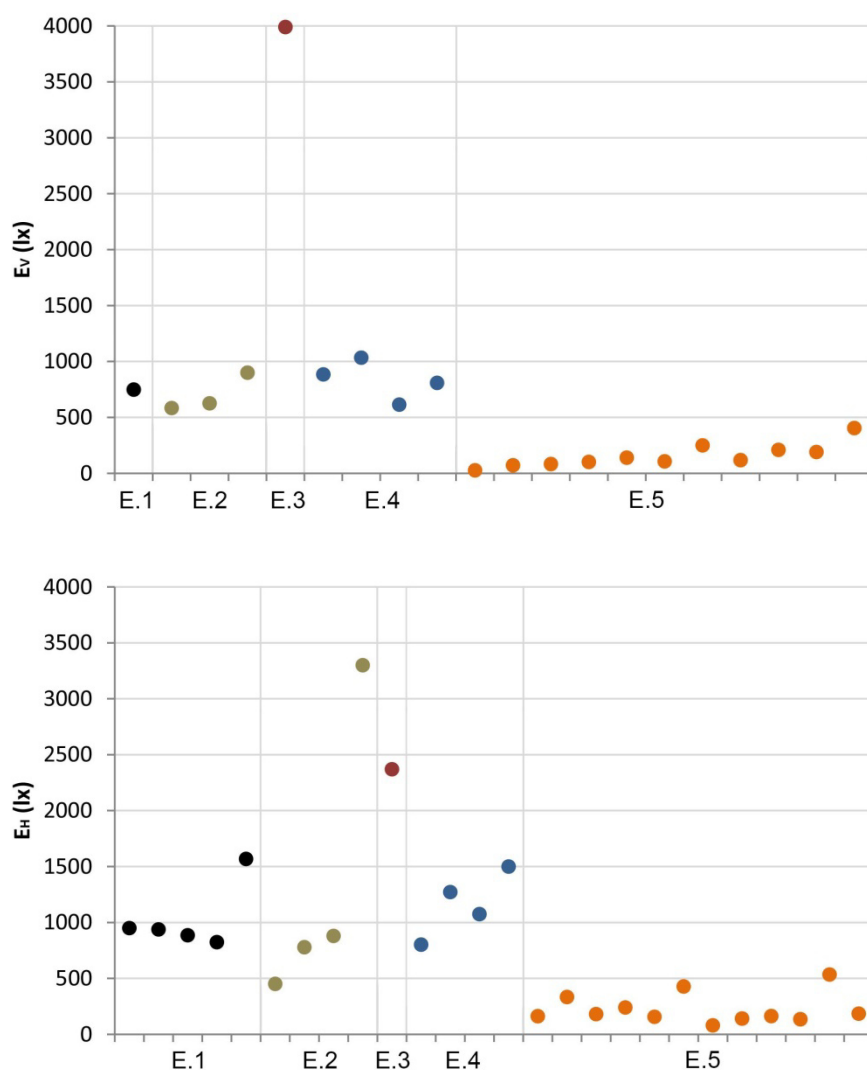


Figura 8: gràfiques amb els valors (de dalt a baix) d'il·luminància E_v mesurats a les parets i E_h mesurats al paviment. Valors ordenats per casos d'estudi

Llegenda figures x-x:

- E.1 Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci (PCT)
- E.2 Centre Cívic Llevant
- E.3 Seu de la Demarcació de Tarragona del Col·legi Arquitectes de Catalunya (COAC)
- E.4 Edifici antiga Tabacalera
- E.5 Palau Firal i de Congressos

ANNEX III. PROCEDIMENT D'AVUACIÓ DE LA PERCEPCIÓ DE LLUMINOSITAT EN ESPAIS DE DIFERENT COLOR

METODOLOGIA

Per comprovar els efectes de determinats colors en la percepció de lluminositat dels espais i la correlació entre el fenomen físic i la percepció, es va plantejar un treball en que un grup d'observadors va haver d'avaluar la quantitat de llum percebuda en tres espais pintats de diferent color, il·luminats amb tres escenes lumíniques diferents. La finalitat era comparar el resultat de les observacions amb els valors de les mesures de luminància preses in situ, per comprovar si coincidien i, en el cas negatiu, la seva tendència. Es va partir de la hipòtesi que sota les mateixes condicions lumíniques, dos colors amb el mateix índex de reflexió però diferent tonalitat reflecteixen la mateixa quantitat de llum però no són percebuts amb la mateixa tonalitat. En aquest cas es va fer la prova amb espais tridimensionals, no amb platges de color.

El treball va constar de quatre parts, prèviament planificades i organitzades. La primera, la construcció en un plató de tres espais d'iguals dimensions; després, el disseny i muntatge de les tres escenes lumíniques mitjançant l'equipament luminotècnic disponible; a continuació, l'avaluació de la lluminositat dels espais en cada escena lumínica a través d'un qüestionari per part d'una mostra d'observadors; i per últim, la realització de mesuraments de luminància i il·luminància durant tot el procés. El treball es va dur a terme el dia 4 de març de 2013 al plató gran de l'Escola Superior de Cinema i Audiovisuals de Catalunya (ESCAC). Durant el matí es va realitzar el muntatge dels espais i la instal·lació lumínica; a la tarda es van realitzar els mesuraments i l'avaluació per part dels observadors.

Construcció dels espais

En primer lloc, es van construir tres espais anomenats A, B i C en un plató de cinema. Els tres espais tenien planta en forma de U i mesuraven 2 m d'ample, 1.5 m de profunditat i 3 m d'alçada. Els espais es van deixar sense sostre per permetre la il·luminació per la part superior. En la seva execució es van utilitzar panots de fusta autoportants emprats per construir decorats cinematogràfics.

Els espais es van disposar paral·lels a un dels costats curts, a l'extrem oposat a l'entrada, i es va deixar una separació d'aproximadament 1 m entre ells. El muntatge es va ocultar visualment del punt d'accés mitjançant un cortinatge negre de terra a sostre situat aproximadament a mig plató. D'aquesta manera, els espais no eren visibles directament des de la porta d'entrada sinó que calia fer un petit recorregut abans d'accedir a la zona d'observació, darrere el cortinatge i accessible a través d'una obertura central (figures 1, 2 i 3).

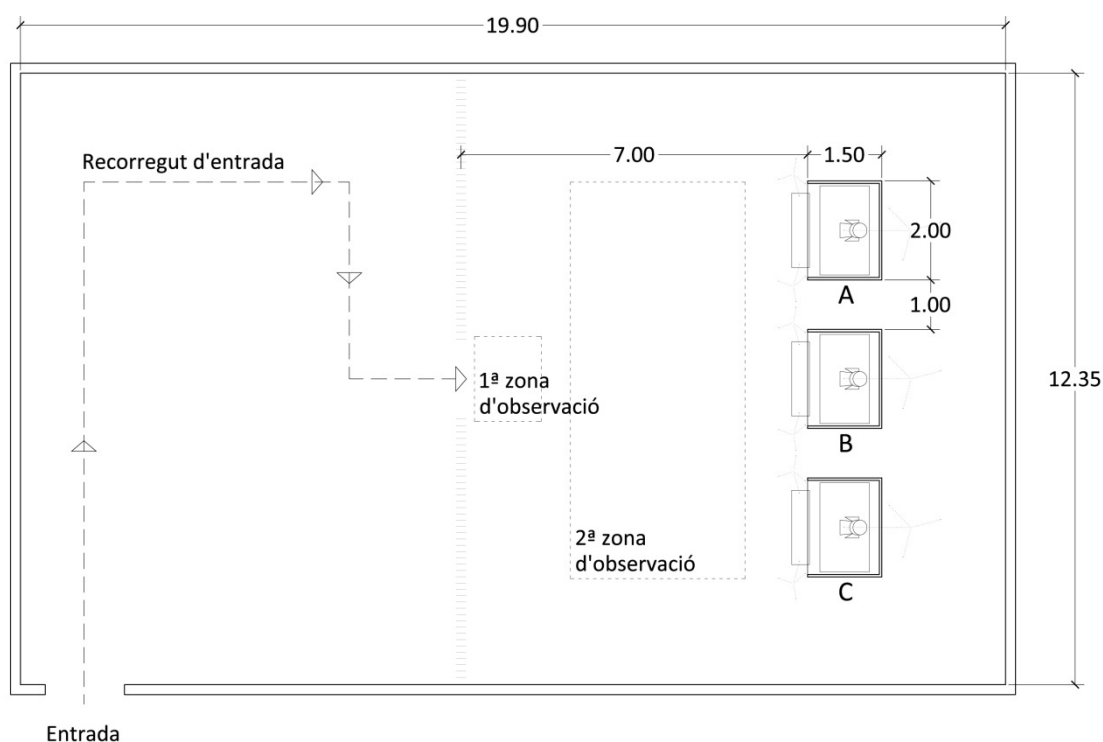


Figura 1: el plató amb la disposició en planta els espais A, B i C; recorreguts i zones d'observació

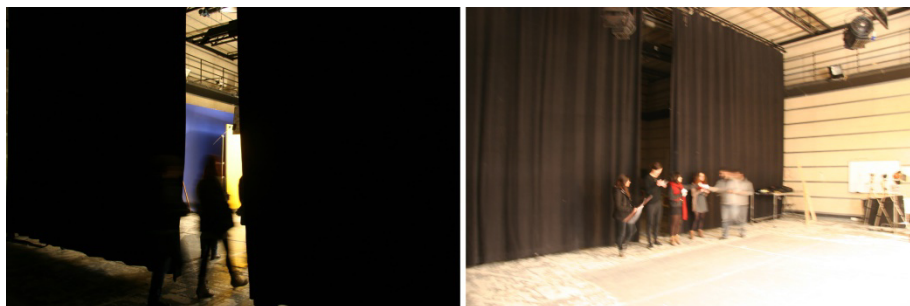


Figura 2: plató gran de l'ESCAC amb la cortina que separa la zona d'entrada de la zona d'avaluació



Figura 3: imatges del procés de muntatge dels espais A, B, C. A la part superior, imatges del plató sense els espais. A la part inferior, imatges dels tres espais acabats

Cada un dels espais es va pintar d'un color diferent. L'espai A es va pintar de color groc (NCS S 1070-Y10R), l'espai B de color blau (NCS S 1030-B) i l'espai C de color gris (NCS S 1500-N). L'elecció dels colors va començar pel groc, amb una tonalitat molt saturada. Aquest és un color que sovint s'associa amb la lluminositat, i això pot ser degut a la seva proximitat a la zona de màxima sensibilitat de l'ull en condicions fotòpiques, segons la corba $V(\lambda)$. Amb l'experiment es volia comprovar si és vàlida aquesta associació i en quina mesura.

Per poder comparar la lluminositat d'un espai groc amb la d'espais pintats amb altres tonalitats, es va optar per dos colors que tinguessin un coeficient de reflexió similar sota la mateixa llum. Es va escollir un to blau per la seva complementarietat amb el groc, i una tonalitat gris per poder comparar els dos anteriors amb un color sense pigment. Les tonalitats escollides es mostren a la figura 4.



Figura 4: carta NCS de colors amb les tonalitats escollides

Durant l'elecció dels colors no va ser possible disposar dels corresponents coeficients de reflexió, per tant la tria es va realitzar mitjançant l'observació al natural, amb fotografies i establint similituds d'una manera intuïtiva. Posteriorment, però, els coeficients de reflexió es van poder calcular a partir dels mesuraments de luminància i il·luminància realitzats durant l'experiment. Per calcular-los es va utilitzar la fórmula [1], considerant que les superfícies pintades segueixen la llei de Lambert.

$$[1] \quad E \cdot r = \pi \cdot L$$

Taula 1: valors d'il·luminància i luminància mesurats a les parets dels espais, numerades d'esquerra a dreta, i càlcul del coeficient de reflexió segons la fórmula [1]

		Escena lumínica	Il·luminància (lux)	Luminància (cd/m ²)	r
Espai A	Paret 1	1	717	139,5	61.12
		2	360	71.5	62.4
	Paret 2	1	394	81.5	64.98
		2	210	44	65.82
	Paret 3	1	737	151	64.37
		2	378	81	67.32
	Terme mitjà				64.34
Espai B	Paret 1	1	805	118	46.05
		4	317	50	49.55
	Paret 2	1	528	83	49.38
		4	223	36.5	51.42
	Paret 3	1	767	126	51.61
		4	352	58.5	52.21
	Terme mitjà				50.04
Espai C	Paret 1	1	796	164	64.73
		3	285	61	67.24
	Paret 2	1	618	126	64.05
		3	274	58	66.50
	Paret 3	1	726	159	68.08
		3	298	66.5	70.11
	Terme mitjà				66.90

A la taula 1 es mostra el resultat dels mesuraments de luminància a cada paret per cada espai, amb les parets numerades d'esquerra a dreta. Els valors corresponen al punt mig de cada paret, amb dos valors diferents en funció de l'escena lumínica (descrita a continuació) sota la que van ser mesurades. A partir del càlcul per cada mesurament es va obtenir un coeficient de reflexió, i de tots ells es va calcular el terme mitjà. En base a això, els coeficients de reflexió que es van obtenir van ser: **0.64** pel groc, **0.50** pel blau i **0.66** pel gris. Aquests valors mostren que el color groc i el gris serien els més reflectants, entre un 28% i un 32% més que el color blau.

Il·luminació dels espais

A continuació es va dissenyar la il·luminació dels espais A, B i C, i es va programar una seqüència de tres escenes lumíniques a avaluar per part dels observadors. Per fer-ho, es va suprimir la il·luminació general del plató a la zona dels espais A, B i C, i es va crear una il·luminació focalitzada a cada espai. L'equipament lumínic va consistir en un focus de Quars calibrat a 3200 K en posició zenital amb una làmpada halògena de 2000 W. El focus es va filtrar amb un Marc Difusor del 50% col·locat a la part superior de cada espai per proporcionar una llum difusa i uniforme. A banda, es va situar un plafó de porex blanc a la part frontal superior de cada espai per dirigir la llum de manera difusa sobre les parets, i que al mateix temps servís per ocultar els focus als ulls dels observadors (figures 5 i 7).

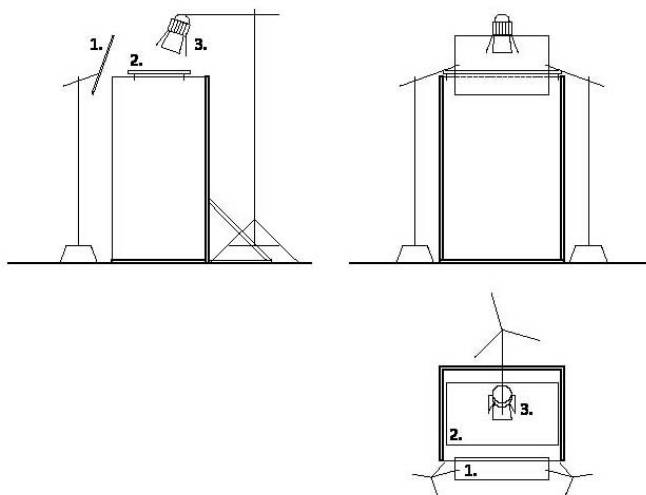


Figura 5: vistes d'un espai tipus amb la ubicació dels elements d'il·luminació (1.plafó de porex 2.marc difusor del 50% 3.focus de Quars calibrat a 3200 K amb làmpada halògena)

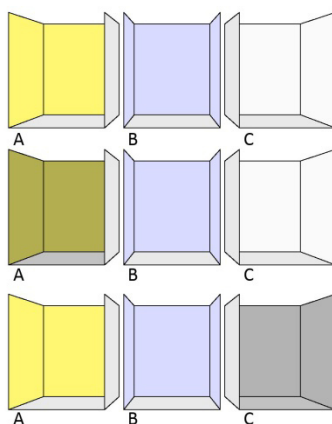


Figura 6: espais A, B, C amb la recreació de les escenes lumíniques

Pel disseny de les escenes lumíniques es van utilitzar dues il·luminàncies bàsiques, E_1 i $E_{1/2}$. L'alçada de les làmpades i la posició de les viseres laterals es van disposar per aconseguir una il·luminància de partida (E_1) d'uns 900 lx a nivell de terra en cada espai. Utilitzant una gelatina Neutral Densitive 3 i modificant l'alçada de la instal·lació es va aconseguir una segona disposició per proporcionar una il·luminància d'uns 450 lx a nivell de terra ($E_{1/2}$) en cada espai, la meitat

que en el cas anterior. Aquests dos nivells es van combinar de tres maneres diferents per obtenir les escenes lumíniques. A la primera escena, els tres espais es van il·luminar de la mateixa manera, amb el màxim d'il·luminància ($E_1 - E_1 - E_1$). A la segona escena, a l'espai A (groc) es va reduir la il·luminància a la meitat i es van mantenir els altres dos espais amb el nivell més alt ($E_{1/2} - E_1 - E_1$). A la tercera escena, l'espai en què es va reduir la il·luminància va ser l'espai C (gris) i els altres dos van continuar amb la il·luminància més gran ($E_1 - E_1 - E_{1/2}$). La figura 6 mostra gràficament les tres escenes lumíniques utilitzades.

També es va dissenyar una escena on es va enfosquir l'espai B, però no va ser avaluat per part dels observadors per no saturar la seva percepció i evitar l'esgotament. No obstant, es va mesurar i els resultats es troben a la taula 1.



Figura 7: imatges del muntatge lumínic; passos previs, muntatge dels focus, marcs difusors i plafons de porex i resultat final

Avaluació per part dels observadors

Un cop definits els espais i les escenes, la lluminositat dels espais va ser avaluada per un grup d'observadors. A l'avaluació hi van intervenir 25 persones, 9 homes i 16 dones, amb edats entre 18 i 39 anys, 25.5 anys de mitjana. Els participants es van organitzar en grups petits (de 3 a 6 persones) que havien d'entrar tres cops al plató per observar i avaluar, cada cop amb una escena lumínica diferent, la lluminositat dels espais a través d'un qüestionari. La seqüència de pas dels grups es va fer de manera que entre una avaluació i la següent hi hagués uns 10 minuts d'aturada.

Els observadors no van ser informats prèviament de les preguntes ni del que havien d'avaluar. En entrar, una persona els informava del procediment, els donava un petit qüestionari (taules 2 i 3) i els guiava en el procés. La primera pregunta que havien de respondre en menys de 20 segons era la seva impressió sobre en quin espai creien que hi havia més llum. Aquesta resposta s'havia de donar des del punt d'accés als espais (figures 1 i 8) de manera intuïtiva i instantània. Després d'aquesta primera impressió se'ls va donar un parell de minuts per continuar observant els espais movent-se lliurement, però sense entrar-hi, i fer una segona avaluació. La següent pregunta era la mateixa que havien contestat una mica abans, però ara amb més temps per observar, i a continuació havien de respondre en quin espai creien que hi havia menys llum. A banda de l'avaluació quantitativa de lluminositat, se'ls va demanar una avaluació qualitativa on havien de ponderar la diferència entre l'espai que creien que tenia més llum i el que en tenia menys, decidint si creien que eren iguals i costava distingir-los, si es notava la diferència o bé si hi havia molta diferència entre ells.

Taula 2: primer qüestionari avaluació observadors

En quin espai et sembla que hi ha <u>més</u> llum?	A	B	C
--	---	---	---

Taula 3: segon qüestionari avaluació observadors

En quin espai et sembla que hi ha <u>més</u> llum?	A	B	C
En quin espai et sembla que hi ha <u>menys</u> llum?	A	B	C
L'espai que té més llum, respecte al que en té menys:	Són iguals, costa distingir		
	Es nota la diferència		
	Hi ha molta diferència		

Els intervals entre valoracions es van utilitzar per realitzar altres preguntes als participants, relacionades amb el què havien vist, amb els vestíbuls i altres temes relacionats amb la percepció. Les preguntes i respostes es troben al final d'aquest annex. En un dels intervals entre valoracions es va sotmetre els observadors a un test per determinar si presentaven algun tipus de deficiència en la percepció del color. El test va donar com a resultat que un dels observadors

presentava daltonisme, per la qual cosa les seves valoracions es van separar de la resta i no es van tenir en compte en l'anàlisi de resultats.



Figura 8: imatges de l'avaluació duta a terme per part dels observadors; la primera imatge mostra el punt de pas i la segona, la zona per la primera avaluació de llum

Mesuraments

A més de l'avaluació per part dels observadors, a cada espai i escena lumínica es van dur a terme mesuraments de luminància i il·luminància. En total es va mesurar:

- Il·luminància horitzontal a nivell de terra (E_{HT}) en els tres espais
- Il·luminància horitzontal a 1.5 m del terra ($E_{H1.5}$) en els tres espais
- Il·luminància vertical al mig de cada superfície vertical, a 1.5 m del terra (E_V) en els tres espais
- Luminància al mig de cada superfície vertical (L_V) en els tres espais

En tots els casos es va optar per mesurar a 1.5 m d'alçada perquè és un valor proper a l'alçada de l'ull humà. També es va mesurar la relació entre la luminància a la part superior i inferior dels panells, i va donar una relació de 9 a 1 en tots els casos. Dels mesuraments de luminància es va constatar que els observadors estaven en condicions de visió fotòpica, ja que en tots els casos els valors es trobaven per sobre de 10 cd/m^2 . A banda dels mesuraments, també es van realitzar sèries de fotografies per documentar el procediment.

L'equipament utilitzat per realitzar els mesuraments va ser un luminancímetre Konika Minolta LS-110 i luxòmetres Lutron LX-102 i HIBOK-35 (les lectures dels luxòmetres van donar una diferència d'un 2% entre ells). Per les fotografies, es va utilitzar una càmera digital Nikon D70 amb objectiu d'ull de peix.



Figura 9: luxòmetre Lutron LX-102 i luminancímetre Konika Minolta LS-110.

RESULTATS I ANÀLISI CASOS D'ESTUDI

Mesuraments

Els resultats del treball es divideixen entre els valors dels mesuraments i les opinions dels observadors. Pel que fa als mesuraments, en primer lloc es va mesurar la il·luminància a les diferents superfícies de cada espai, parets i terra. Aquests valors van ser utilitzats per definir les escenes lumíniques, en el cas de la il·luminància horitzontal (E_{HT}) i per calcular els índexs de reflexió dels colors en el cas de la il·luminància vertical (E_V), juntament amb els valors de luminància. Les desviacions entre els valors mesurats entre espais en els escenaris s'han considerat no importants pel resultat global de l'estudi. Els resultats es mostren a la taula 4.

Taula 4: valors d'il·luminància corresponents a les superfícies verticals dels espais A, B i C per cada una de les escenes lumíniques. Les parets estan numerades d'esquerra a dreta

		Escena 1	Escena 2	Escena 3
		Il·luminància (lux)		
Espai A	E_{HT}	832	440	832*
	$E_{H1.5}$	2285	1175	2285*
	E_V Paret 1	717	360	717*
	E_V Paret 2	394	210	394*
	E_V Paret 3	737	378	737*
Espai B	E_{HT}	925	925*	925*
	$E_{H1.5}$	2420	2420*	2420*
	E_V Paret 1	805	805*	805*
	E_V Paret 2	528	528*	528*
	E_V Paret 3	767	767*	767*
Espai C	E_{HT}	918	918*	396
	$E_{H1.5}$	2325	2325*	1149
	E_V Paret 1	796	796*	285
	E_V Paret 2	618	618*	274
	E_V Paret 3	726	726*	298

*Els valors d'il·luminància en escenes amb condicions lumíniques repetides només van ser mesurats un cop. Els valors aquí indicats corresponen a l'escena anterior.

En segon lloc, es van obtenir els valors de luminància a les diferents superfícies verticals de cada espai (L_V). Els valors dels panells laterals i frontal van donar resultats lleugerament diferents entre ells, sempre menors al panell frontal que als laterals. No obstant, considerant que els observadors es podien moure lliurement per la zona davant dels tres espais, es va considerar que el valor més adequat per comparar amb l'avaluació havia de ser el terme mitjà entre les tres superfícies de cada espai. Els valors de les parets de cada espai i la seva mitjana aritmètica es mostren a la taula 5.

Les mesures de luminància mostren correlació amb els nivells d'il·luminància, donades les característiques dels colors. De totes maneres, com que la posició i fixació dels elements d'il·luminació es van fer de manera manual, la quantitat de llum que arriba a cada espai té un marge de desviació en els seus valors. Per aquest motiu, la luminància i il·luminància es van mesurar en cada situació i a la taula es mostren aquests valors i la mitjana.

Taula 5: valors de luminància corresponents a les superfícies verticals dels espais A, B i C per cada una de les escenes lumíniques. Les parets estan numerades d'esquerra a dreta

		Escena 1	Escena 2	Escena 3
		Luminància (cd/m ²)		
Espai A	L _v Paret 1	139.5	71.5	139.5*
	L _v Paret 2	81.5	44	81.5*
	L _v Paret 3	151	81	151*
	L_v Mitjana	124	65.5	124*
Espai B	L _v Paret 1	118	118*	118*
	L _v Paret 2	83	83*	83*
	L _v Paret 3	126	126*	126*
	L_v Mitjana	109	109*	109*
Espai C	L _v Paret 1	164	164*	61
	L _v Paret 2	126	126*	58
	L _v Paret 3	159	159*	66.5
	L_v Mitjana	149.7	149.7*	61.8

*Els valors de luminància en escenes amb condicions lumíniques repetides només van ser mesurats un cop. Els valors aquí indicats corresponen a l'escena anterior.

Valoració observadors

A banda dels mesuraments, cada escena va ser avaluada per un grup d'observadors. L'avaluació va consistir en les quatre preguntes següents:

- En quin espai et sembla que hi ha més llum? – resposta abans de 20 segons
- En quin espai et sembla que hi ha més llum? – temps de resposta fins 2 minuts
- En quin espai et sembla que hi ha menys llum? – temps de resposta fins 2 minuts
- L'espai que té més llum, respecte el que en té menys: són quasi iguals i costa distingir, es nota la diferència o hi ha molta diferència? – temps de resposta fins 2 minuts

Les respostes obtingudes es mostren a la taula 6 i gràficament a les figures 10, 11 i 12.

Taula 6: nombre i percentatge de respostes a les preguntes a), b) i c); en negreta, els valors amb més nombre de respostes en cada cas

		Escena 1		Escena 2		Escena 3	
Respostes		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Pregunta a)	Espai A	17	71	2	8	17	71
	Espai B	4	17	6	25	7	29
	Espai C	3	13	16	67	0	0
Pregunta b)	Espai A	14	58	2	8	12	50
	Espai B	4	17	7	29	12	50
	Espai C	6	25	15	63	0	0
Pregunta c)	Espai A	3	13	17	71	1	4
	Espai B	12	50	4	17	0	0
	Espai C	9	38	3	13	23	96

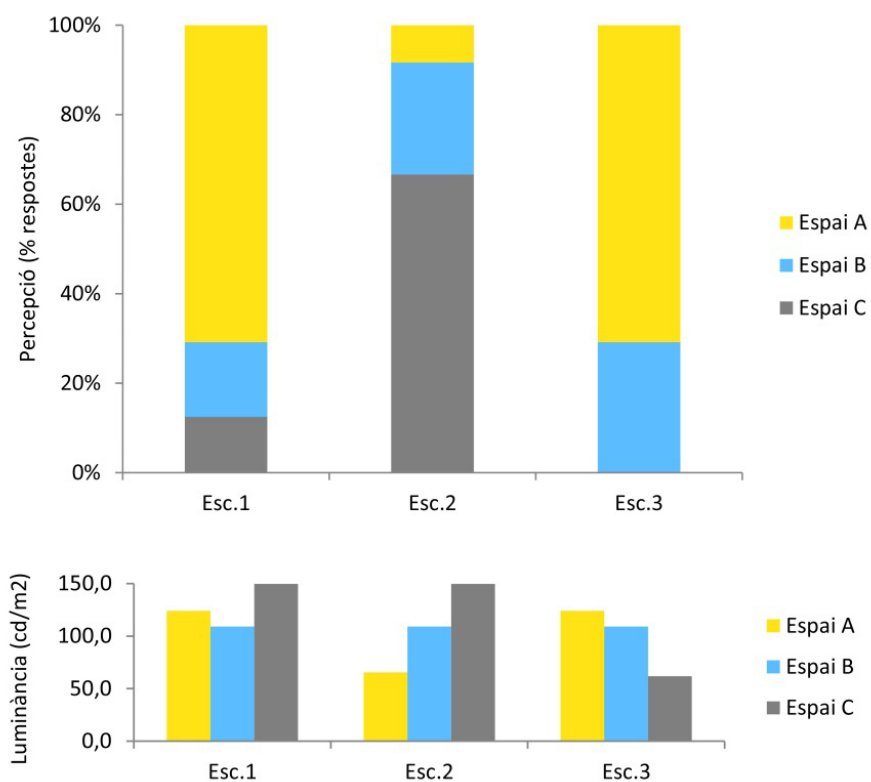


Figura 10: percentatge de respostes a la pregunta a) i comparació gràfica amb els valors de luminància mesurats

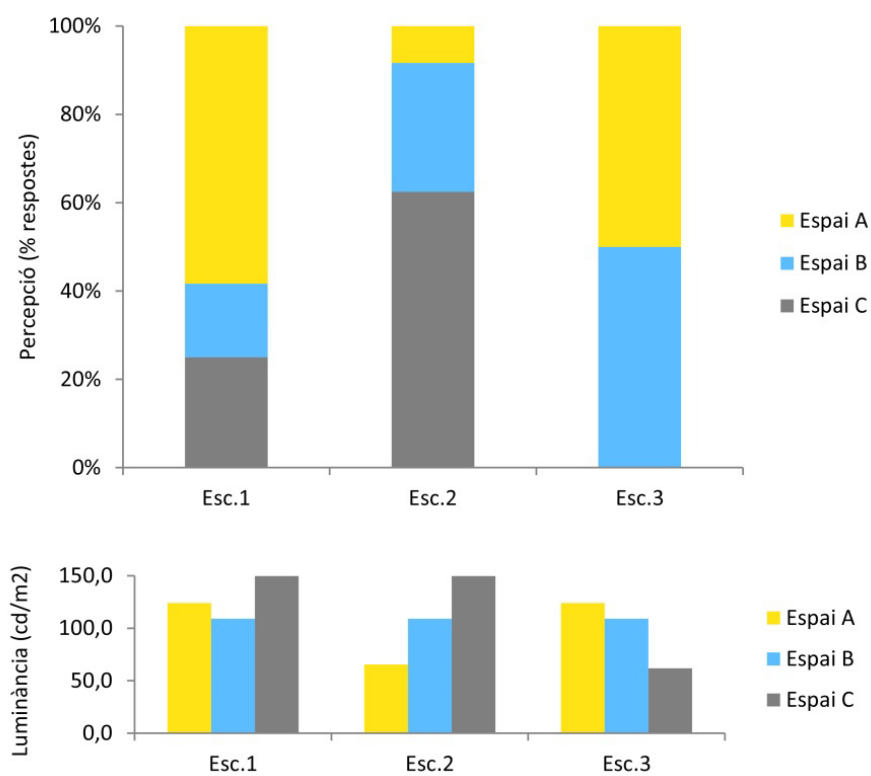


Figura 11: percentatge de respostes a la pregunta b) i comparació gràfica amb els valors de luminància mesurats

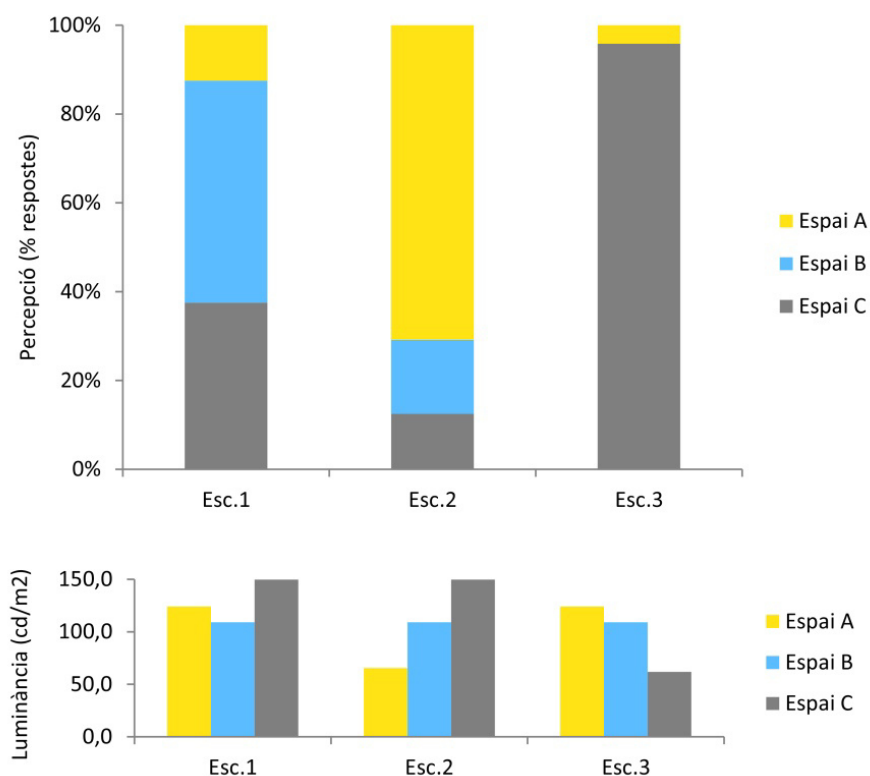


Figura 12: percentatge de respostes a la pregunta c) i comparació gràfica amb els valors de luminància mesurats

Les gràfiques mostren com l'espai de color groc és el que surt més valorat en quant a lluminositat i el gris el que menys, sobre tot a primera vista. A l'escena 1, tot i no ser l'espai amb una luminància més alta, els observadors van percebre aquest espai com a més lluminós. La tercera escena, on el groc era l'espai més clar, va ser valorat majoritàriament així. Passats dos minuts, no obstant, el percentatge d'observadors que continua creient que l'espai groc és més lluminós que la resta disminueix, en totes les escenes. Per contra, l'espai gris és percebut com a més fosc per gairebé tots els participants quan certament ho és, però no succeeix el mateix efecte en la resta d'escenes. La lluminositat inicial i la transitorietat de l'efecte del groc es mostra en aquestes gràfiques.

Pel que fa a la valoració qualitativa, els participants van trobar que els espais eren molt diferents en l'escena 3, mentre que a les dues anteriors van trobar que els espais eren quasi iguals i que costava distingir-los, o bé els van trobar lleugerament diferents. Les respostes es mostren a la taula 7.

Taula 7: nombre i percentatge de respostes a la pregunta d); en negreta, els valors amb més nombre de respostes en cada cas

Respostes	Escena 1		Escena 2		Escena 3	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Són quasi iguals, costa distingir	11	46	12	50	6	25
Lleugerament diferent	13	54	11	46	14	58
Molt diferent	0	0	1	4	4	17

Els resultats anteriors es basen en les respostes a les preguntes a), b) i c), però si ens fixem en els observadors i el seu percentatge d'encert (taula 8), veiem que l'escena 1 és la que va donar menys coincidències entre l'avaluació i les mesures. En total, la mitjana de coincidències per individu és d'un 56%. Val a dir que 10 dels 24 observadors es queda per sota del 50%, mentre que 14 es troben per sobre. Els casos extrems el formen un observador que només va coincidir en 1 de les 9 observacions, i 3 observadors que només van fallar una de les 9. La desviació estàndard de la mostra és del 21%.

Taula 8: Llista de participants mostrant la coincidència entre la resposta a les preguntes a), b) i c) d'avaluació de la lluminositat dels espais i la luminància mesurada, per cada escena lumínica

Participant	Esc.1			Esc.2			Esc.3			% coincidència
	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	
1										33%
2										56%
3										44%
4										44%
5										11%
6										67%
7										33%
8										33%
9										33%
10										56%
11										67%
12										67%
13										56%
14										44%
15										89%
16										78%
17										89%
18										67%
19										78%
20										78%
21										56%
22										44%
23										33%
24										89%
Mitjana de coincidències										56%
Desviació estàndard										21%

Si llegim les dades en funció de la distribució de les coincidències per escenes visuals (figura 13), en primer lloc veiem que, a l'escena 1, el percentatge d'observadors que no van coincidir amb els mesuraments de luminància en cap de les avaluacions va ser un 42% del total. El segon grup més nombrós va ser el que només va coincidir en avaluar l'espai C com a menys lluminós. No hi ha cap cas en que algú coincidís en totes les preguntes amb els mesuraments. A l'escena 2, no obstant, hi va haver un 38% d'observadors que sí van coincidir en les avaluacions respecte els mesuraments, i suposen el grup més nombrós. La resta de resultats estan repartits en els altres grups, si bé el segon grup més nombrós és el que va coincidir en les dues preguntes de la segona avaluació. L'escena 3 suposa un augment considerable d'observadors amb totes les preguntes avaluades coincidint amb els mesuraments, ja que són gairebé la meitat del total. Els altres dos grups que es reparteixen les valoracions són els que van coincidir en les dues preguntes de la segona avaluació, i els que només van coincidir en la tercera pregunta respecte l'espai menys lluminós.

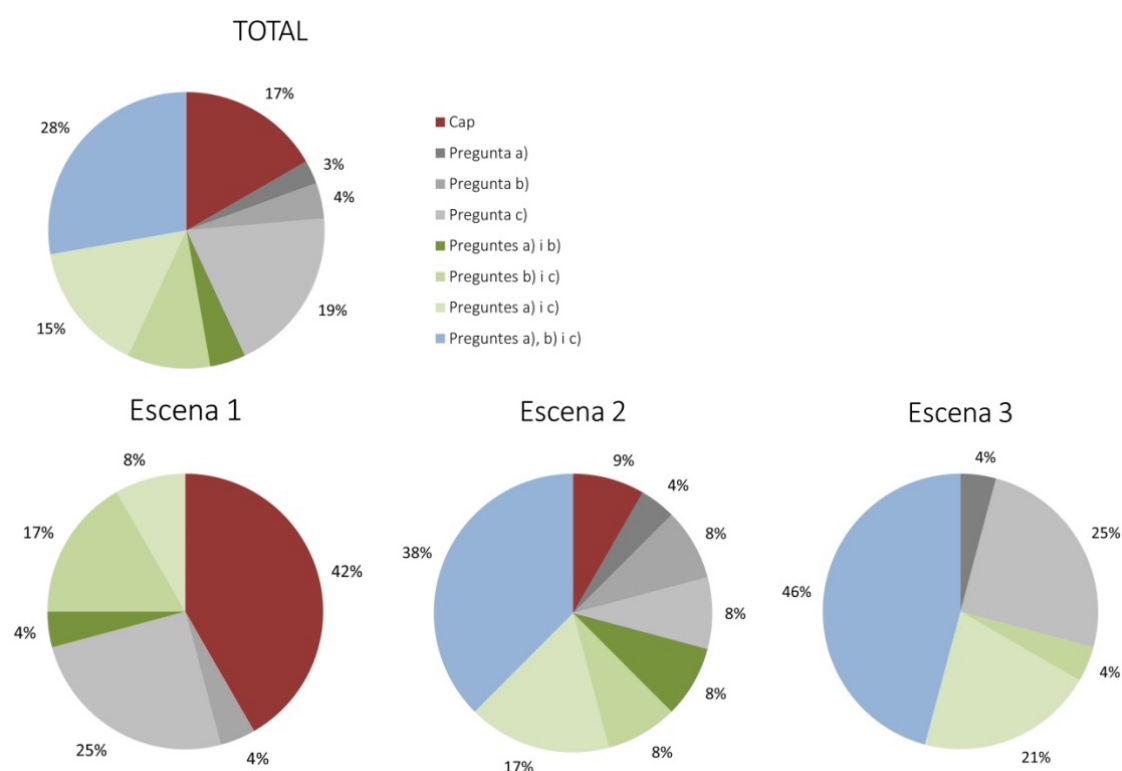


Figura 13: gràfiques amb els percentatges de coincidència entre l'avaluació dels observadors a les preguntes a), b) i c) i la luminància mesurada. Cada entrada mostra el nombre i percentatge d'encerts

Una altra anàlisi estreta dels resultats és la tendència del canvi de resposta entre la primera i la segona avaluació de la lluminositat en els espais, corresponent a les preguntes a) i b), descrita a la taula 9. Hi ha persones que no van canviar de resposta durant l'observació, altres que van canviar per donar la resposta coincident amb els mesuraments, i altres que no van coincidir amb el valor físic ni abans ni després d'uns minuts d'observació. És notable que l'escena 3 és la que va patir menys canvis d'opinió, tot i que quasi tots els que van canviar ho van fer per no coincidir amb els resultats de luminància. Un altre fet interessant es produeix a l'escena 1, on més de la meitat d'observadors no va canviar d'opinió un cop transcorreguts els 2 minuts, tot i que gairebé tots estaven en contradicció amb els mesuraments de luminància. La majoria dels canvis d'opinió en aquesta escena es va produir per donar el valor coincident amb la luminància, al contrari del que va passar en les altres dues escenes, on el canvi d'opinió va anar en sentit contrari al que deien els mesuraments.

Taula 9: canvis d'avaluació entre les preguntes a) i b) amb el nombre d'observadors que no van canviar d'opinió dividits entre els que havien respost d'acord amb els valors de luminància i els que no, i recompte d'observadors que van canviar d'opinió en el sentit dels mesuraments o el contrari

		Esc.1	Esc.2	Esc.3
Sense canvi d'opinió	Resposta inicial coincident mesuraments	1	11	11
	Resposta inicial incorrecta	13	4	6
	TOTAL	14	15	17
Amb canvi d'opinió	De resposta contrària als mesuraments a coincident	6	4	1
	De resposta coincident a contrària als mesuraments	4	5	6
	TOTAL	10	9	7

PREGUNTES REALITZADES ENTRE AVALUACIONS I LES SEVES RESPOSTES

El temps entre avaluació i avaluació, mentre un altre grup estava dins el plató, es va utilitzar per realitzar preguntes sobre temes relacionats. També es va realitzar un test de Daltonisme, com s'ha esmentat anteriorment. Les preguntes van ser fetes d'una manera informal i no pretenen tenir un valor científic, però les seves respostes són una informació útil que complementa el treball realitzat. Les preguntes es van formular amb dos propòsits: desviar l'atenció dels participants durant el descans entre avaluació i avaluació, i reflexionar sobre alguns temes relacionats amb el tema dels vestíbuls i el color a través de preguntes i respostes espontànies.

La primera sèrie de preguntes fa referència a el color en relació amb l'art.

Taula 10: qüestionari sobre la relació dels espais A, B i C amb expressions artístiques

Associa l'espai A amb un gènere cinematogràfic, obra d'art o representació artística
.....
Associa l'espai B amb un gènere cinematogràfic, obra d'art o representació artística
.....
Associa l'espai C amb un gènere cinematogràfic, obra d'art o representació artística
.....

Espai A



ART | Capella Sixtina de Miquel Angel

ART | El grito (Munch)

ART | Lichtenstein

ART | La Sagrada Família

ART | Impressionisme

ART | Quadre de Dalí

ART | Els girasols (Van Gogh)

CINE | Moon Rise Kingdom (Wes Anderson)

CINE | La vida de Pi (Ang Lee)

CINE | Comèdia Wes Anderson

CINE | Viaje a Darjeeling (Wes Anderson)

CINE | Wes Anderson

CINE | Western

CINE | Comèdia

CINE | El resplandor (Stanley Kubrick)

CINE | Taxi (Luc Besson)

CINE | Película western

CINE | Taxi (Luc Besson)

CINE | Comèdia

CINE | La naranja mecànica (Stanley Kubrick)

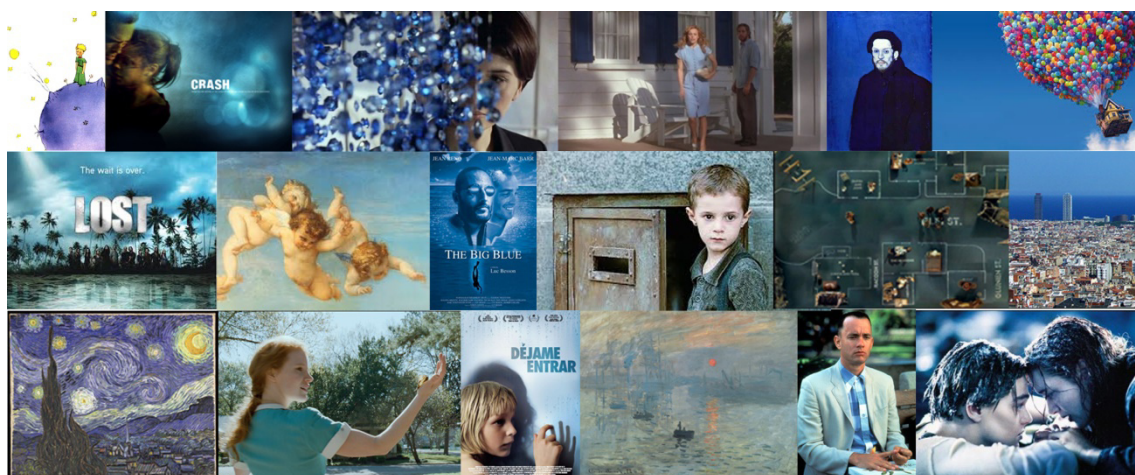
LITERATURA | Novel·la romàntica

MUSICA | Recital

ALTRES | Posta de sol al meu poble

ALTRES | Radenski (?)

Espai B



ART | El sol ixent (C. Monet)

ART | Michelangelo Buonarroti

ART | Època blava de Picasso

ART | Rococó pintures cels clars amb àngels

CINE | Forrest Gump (Robert Zemeckis)

CINE | “Up” (Pete Docter i Bob Peterson)

CINE | Un thriller, Crash (Paul Haggis)

CINE | El árbol de la vida (Terrence Malick)

CINE | Cinema independent

CINE | Titànic (James Cameron)

CINE | Pel·lícula romàntica The Note Book (Nick Cassavetes)

CINE | Pel·lícula de terror

CINE | La vida és bella (Roberto Benigni), comèdia romàntica

CINE | Perdidos (sèrie J. J. Abrams)

CINE | Dogville (Lars von Trier)

LITERATURA | El petit príncep

MÚSICA | Música clàssica

ALTRES | Els barrufets

ALTRES | La meva habitació de la infància

ALTRES | Experimental

ALTRES | Nit estelada

ALTRES | Barcelona

ALTRES | Teatre

Espai C



ART | Gernika (Picasso)

ART | Kiki Smith

ART | Minimalisme

ART | Juan Gris

ART | Per a una escultura famosa

CINE | Matrix (Andy i Lana Wachowski)

CINE | La naranja mecànica (Stanley Kubrick)

CINE | Canino (Yorgos Lanthimos)

CINE | La cinta blanca (Michael Haneke)

CINE | El resplandor (Stanley Kubrick)

CINE | Ficción

CINE | Más allá de los sueños (Vincent Ward)

CINE | Blanco (K. Kieslowski)

CINE | Los amantes del círculo polar (J. Medem)

LITERATURA | Dos velas para el diablo (Laura Gallego)

LITERATURA | Niño 44 (Tom Rob Smith)

MÚSICA | Òpera

ARQUITECTURA | Richard Meier

ARQUITECTURA | Museu

ALTRES | Reportatge periodístic

ALTRES | Fotografia

ALTRES | Exposició fotogràfica

ALTRES | Gel

ALTRES | Madrid

ALTRES | Ballet

La següent pregunta és referent al color i els vestíbuls i on està centrat el focus d'atenció als vestíbuls.

Taula 11: qüestionari sobre l'associació de colors als vestíbuls i focus d'atenció en un vestíbul desconegut

Pregunta 1: Quin color et sembla més adequat pel vestíbul d'un cinema?
.....
Pregunta 2: Quin color et sembla més adequat pel vestíbul d'un edifici d'habitatges?
.....
Pregunta 3: Quin color et sembla més adequat pel vestíbul d'un hospital?
.....
Pregunta 4: Què és el primer que mires en un vestíbul que no coneixes?
.....

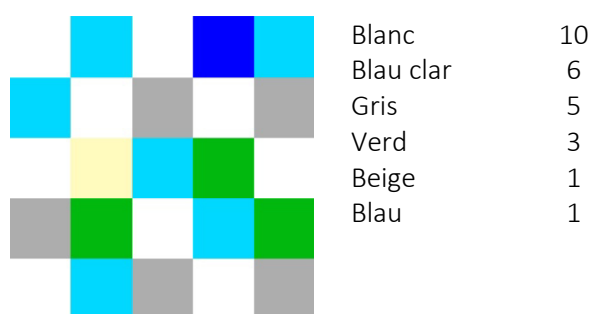
Pregunta 1:

	Vermell	6
	Groc	5
	Gris fosc	3
	Negre	2
	Marró	2
	Blau fosc	1
	Granate	1
	Verd	1
	Gris clar	1
	Blau clar	1
	Blanc	1
	Taronja	1

Pregunta 2:

	Beige	8
	Blanc	7
	Groc	4
	Gris	4
	Blau clar	1
	Verd	1
	Color viu	1

Pregunta 3:



Pregunta 4:

La paret	9
Senyalística	3
Terra	3
Sortida	2
Mobiliari	2
Dimensions espai	2
Il·luminació	2
Color i llum	1
Accés següent espai	1
Mirall	1
Escales o ascensor	1
Finestres	1

La última pregunta és la última que es va realitzar i on els observadors expressaven què creien que havia passat cada cop que havien entrat a avaluar l'espai.

Taula 12: qüestionari final sobre els canvis a cada escenari

Quina diferència has notat cada cop que has entrat a valorar els espais A, B i C?

.....

Les respostes donades es transcriuen literalment a continuació:

- Tenia la sensació que la llum canviava, depenent de si era la primera, segona o tercera vegada.
- Cada vegada que entrava veia més lluminosa una altra secció que abans.
- Cada vegada que entrava em costava més escollir les respostes "correctes".
- La primera impressió canviava cada cop però després tirava pel blau com a més il·luminat.
- No n'hi ha cap.
- Que sorprenentment la percepció variava cada cop.
- Que la llum canviava.
- El blanc sempre semblava més fosc, en canvi anava canviant d'opinió sobre el blau i el groc (quin tenia més llum)
- Que había dos parecidos y uno distinto.
- Creo que modificaron la intensidad de luz de los espacios.
- Intensidad lumínica.
- Cambia la intensidad lumínica pero los colores engañan un poco.
- Cambian la intensidad real no es sólo por el color.
- La intensidad de luz es diferente, la última vez la diferencia entre los 3 es más claro.
- La última vez no he notado ninguna diferencia entre A, B y C.
- Parecía que la iluminación fuese diferente en cada ocasión, diferente intensidad.
- Ha cambiado la cantidad de luz cada vez, aumentando y disminuyendo en los diferentes espacios.
- Se baja o sube la intensidad de las lámparas. Se cubre o descubre parte de la pantalla del plafón.
- Cambio de intensidad de luz en los volúmenes y mayor temperatura al final, en la última ronda.
- Ha variado la intensidad de la iluminación.
- Que quizás la intensidad de la iluminación ha cambiado por cada espacio.
- Que el espacio amarillo al verlo en el primer vistazo deslumbra más y el blanco menos y cuando concentramos vemos lo que es al revés.
- La 1ª y 3ª vez: A y C más luz. La 2ª vez: A menos luz, B medio luz y C más luz.
- En el 2º es fácil distinguir las diferencias de luz. En el 3º es muy difícil encontrar diferencias de luz.

ANNEX III. PROCEDIMENT D'AVUACIÓ DE LA PERCEPCIÓ DE LLUMINOSITAT EN ESPAIS DE DIFERENT COLOR

METODOLOGIA

Per comprovar els efectes de determinats colors en la percepció de lluminositat dels espais i la correlació entre el fenomen físic i la percepció, es va plantejar un treball en que un grup d'observadors va haver d'avaluar la quantitat de llum percebuda en tres espais pintats de diferent color, il·luminats amb tres escenes lumíniques diferents. La finalitat era comparar el resultat de les observacions amb els valors de les mesures de luminància preses in situ, per comprovar si coincidien i, en el cas negatiu, la seva tendència. Es va partir de la hipòtesi que sota les mateixes condicions lumíniques, dos colors amb el mateix índex de reflexió però diferent tonalitat reflecteixen la mateixa quantitat de llum però no són percebuts amb la mateixa tonalitat. En aquest cas es va fer la prova amb espais tridimensionals, no amb platges de color.

El treball va constar de quatre parts, prèviament planificades i organitzades. La primera, la construcció en un plató de tres espais d'iguals dimensions; després, el disseny i muntatge de les tres escenes lumíniques mitjançant l'equipament luminotècnic disponible; a continuació, l'avaluació de la lluminositat dels espais en cada escena lumínica a través d'un qüestionari per part d'una mostra d'observadors; i per últim, la realització de mesuraments de luminància i il·luminància durant tot el procés. El treball es va dur a terme el dia 4 de març de 2013 al plató gran de l'Escola Superior de Cinema i Audiovisuals de Catalunya (ESCAC). Durant el matí es va realitzar el muntatge dels espais i la instal·lació lumínica; a la tarda es van realitzar els mesuraments i l'avaluació per part dels observadors.

Construcció dels espais

En primer lloc, es van construir tres espais anomenats A, B i C en un plató de cinema. Els tres espais tenien planta en forma de U i mesuraven 2 m d'ample, 1.5 m de profunditat i 3 m d'alçada. Els espais es van deixar sense sostre per permetre la il·luminació per la part superior. En la seva execució es van utilitzar panots de fusta autoportants emprats per construir decorats cinematogràfics.

Els espais es van disposar paral·lels a un dels costats curts, a l'extrem oposat a l'entrada, i es va deixar una separació d'aproximadament 1 m entre ells. El muntatge es va ocultar visualment del punt d'accés mitjançant un cortinatge negre de terra a sostre situat aproximadament a mig plató. D'aquesta manera, els espais no eren visibles directament des de la porta d'entrada sinó que calia fer un petit recorregut abans d'accedir a la zona d'observació, darrere el cortinatge i accessible a través d'una obertura central (figures 1, 2 i 3).

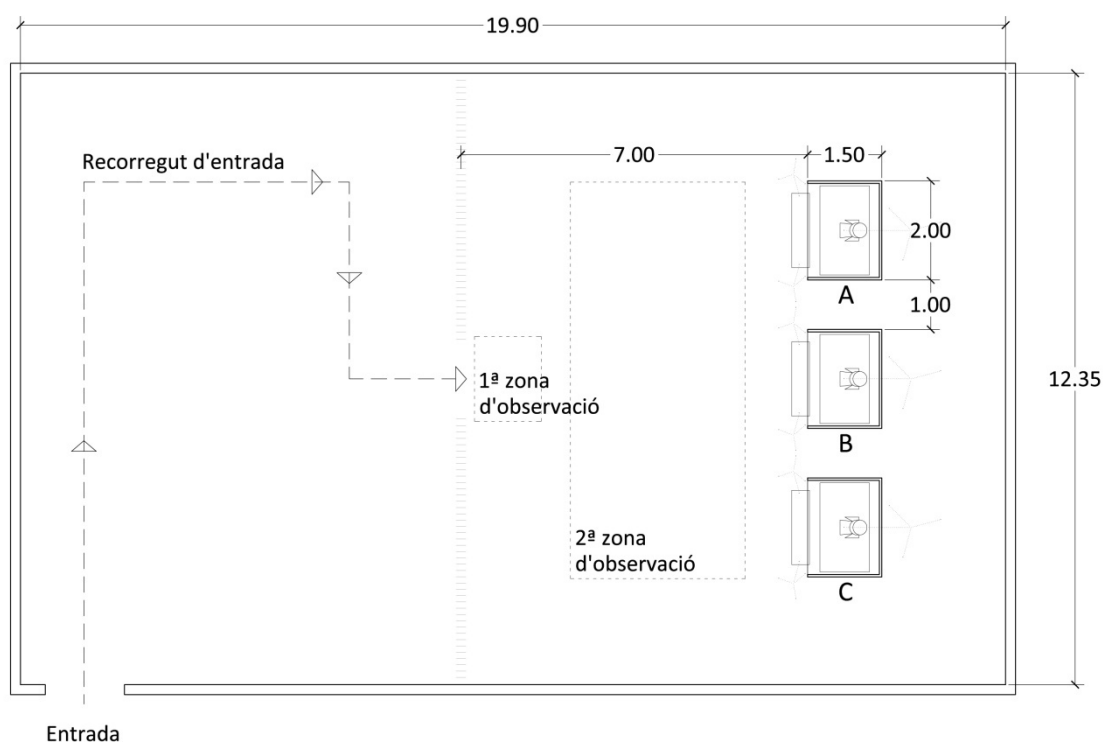


Figura 1: el plató amb la disposició en planta els espais A, B i C; recorreguts i zones d'observació



Figura 2: plató gran de l'ESCAC amb la cortina que separa la zona d'entrada de la zona d'avaluació



Figura 3: imatges del procés de muntatge dels espais A, B, C. A la part superior, imatges del plató sense els espais. A la part inferior, imatges dels tres espais acabats

Cada un dels espais es va pintar d'un color diferent. L'espai A es va pintar de color groc (NCS S 1070-Y10R), l'espai B de color blau (NCS S 1030-B) i l'espai C de color gris (NCS S 1500-N). L'elecció dels colors va començar pel groc, amb una tonalitat molt saturada. Aquest és un color que sovint s'associa amb la lluminositat, i això pot ser degut a la seva proximitat a la zona de màxima sensibilitat de l'ull en condicions fotòpiques, segons la corba $V(\lambda)$. Amb l'experiment es volia comprovar si és vàlida aquesta associació i en quina mesura.

Per poder comparar la lluminositat d'un espai groc amb la d'espais pintats amb altres tonalitats, es va optar per dos colors que tinguessin un coeficient de reflexió similar sota la mateixa llum. Es va escollir un to blau per la seva complementarietat amb el groc, i una tonalitat gris per poder comparar els dos anteriors amb un color sense pigment. Les tonalitats escollides es mostren a la figura 4.



Figura 4: carta NCS de colors amb les tonalitats escollides

Durant l'elecció dels colors no va ser possible disposar dels corresponents coeficients de reflexió, per tant la tria es va realitzar mitjançant l'observació al natural, amb fotografies i establint similituds d'una manera intuïtiva. Posteriorment, però, els coeficients de reflexió es van poder calcular a partir dels mesuraments de luminància i il·luminància realitzats durant l'experiment. Per calcular-los es va utilitzar la fórmula [1], considerant que les superfícies pintades segueixen la llei de Lambert.

$$[1] \quad E \cdot r = \pi \cdot L$$

Taula 1: valors d'il·luminància i luminància mesurats a les parets dels espais, numerades d'esquerra a dreta, i càlcul del coeficient de reflexió segons la fórmula [1]

		Escena lumínica	Il·luminància (lux)	Luminància (cd/m ²)	r
Espai A	Paret 1	1	717	139,5	61.12
		2	360	71.5	62.4
	Paret 2	1	394	81.5	64.98
		2	210	44	65.82
	Paret 3	1	737	151	64.37
		2	378	81	67.32
	Terme mitjà				64.34
Espai B	Paret 1	1	805	118	46.05
		4	317	50	49.55
	Paret 2	1	528	83	49.38
		4	223	36.5	51.42
	Paret 3	1	767	126	51.61
		4	352	58.5	52.21
	Terme mitjà				50.04
Espai C	Paret 1	1	796	164	64.73
		3	285	61	67.24
	Paret 2	1	618	126	64.05
		3	274	58	66.50
	Paret 3	1	726	159	68.08
		3	298	66.5	70.11
	Terme mitjà				66.90

A la taula 1 es mostra el resultat dels mesuraments de luminància a cada paret per cada espai, amb les parets numerades d'esquerra a dreta. Els valors corresponen al punt mig de cada paret, amb dos valors diferents en funció de l'escena lumínica (descrita a continuació) sota la que van ser mesurades. A partir del càlcul per cada mesurament es va obtenir un coeficient de reflexió, i de tots ells es va calcular el terme mitjà. En base a això, els coeficients de reflexió que es van obtenir van ser: **0.64** pel groc, **0.50** pel blau i **0.66** pel gris. Aquests valors mostren que el color groc i el gris serien els més reflectants, entre un 28% i un 32% més que el color blau.

Il·luminació dels espais

A continuació es va dissenyar la il·luminació dels espais A, B i C, i es va programar una seqüència de tres escenes lumíniques a avaluar per part dels observadors. Per fer-ho, es va suprimir la il·luminació general del plató a la zona dels espais A, B i C, i es va crear una il·luminació focalitzada a cada espai. L'equipament lumínic va consistir en un focus de Quars calibrat a 3200 K en posició zenital amb una làmpada halògena de 2000 W. El focus es va filtrar amb un Marc Difusor del 50% col·locat a la part superior de cada espai per proporcionar una llum difusa i uniforme. A banda, es va situar un plafó de porex blanc a la part frontal superior de cada espai per dirigir la llum de manera difusa sobre les parets, i que al mateix temps servís per ocultar els focus als ulls dels observadors (figures 5 i 7).

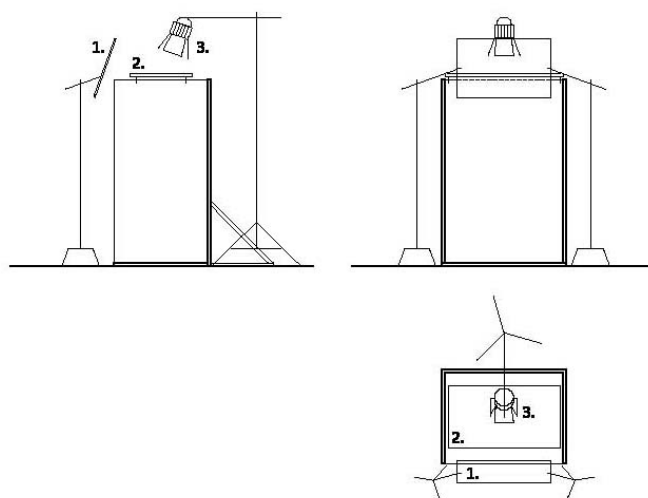


Figura 5: vistes d'un espai tipus amb la ubicació dels elements d'il·luminació (1.plafó de porex 2.marc difusor del 50% 3.focus de Quars calibrat a 3200 K amb làmpada halògena)

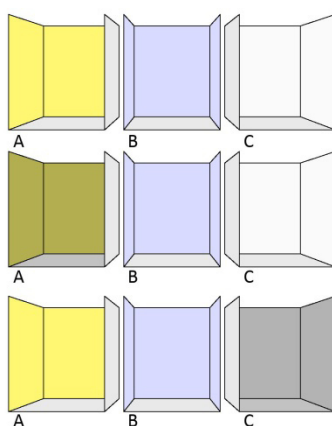


Figura 6: espais A, B, C amb la recreació de les escenes lumíniques

Pel disseny de les escenes lumíniques es van utilitzar dues il·luminàncies bàsiques, E_1 i $E_{1/2}$. L'alçada de les làmpades i la posició de les viseres laterals es van disposar per aconseguir una il·luminància de partida (E_1) d'uns 900 lx a nivell de terra en cada espai. Utilitzant una gelatina Neutral Densitive 3 i modificant l'alçada de la instal·lació es va aconseguir una segona disposició per proporcionar una il·luminància d'uns 450 lx a nivell de terra ($E_{1/2}$) en cada espai, la meitat

que en el cas anterior. Aquests dos nivells es van combinar de tres maneres diferents per obtenir les escenes lumíniques. A la primera escena, els tres espais es van il·luminar de la mateixa manera, amb el màxim d'il·luminància ($E_1 - E_1 - E_1$). A la segona escena, a l'espai A (groc) es va reduir la il·luminància a la meitat i es van mantenir els altres dos espais amb el nivell més alt ($E_{1/2} - E_1 - E_1$). A la tercera escena, l'espai en què es va reduir la il·luminància va ser l'espai C (gris) i els altres dos van continuar amb la il·luminància més gran ($E_1 - E_1 - E_{1/2}$). La figura 6 mostra gràficament les tres escenes lumíniques utilitzades.

També es va dissenyar una escena on es va enfosquir l'espai B, però no va ser avaluat per part dels observadors per no saturar la seva percepció i evitar l'esgotament. No obstant, es va mesurar i els resultats es troben a la taula 1.



Figura 7: imatges del muntatge lumínic; passos previs, muntatge dels focus, marcs difusors i plafons de porex i resultat final

Avaluació per part dels observadors

Un cop definits els espais i les escenes, la lluminositat dels espais va ser avaluada per un grup d'observadors. A l'avaluació hi van intervenir 25 persones, 9 homes i 16 dones, amb edats entre 18 i 39 anys, 25.5 anys de mitjana. Els participants es van organitzar en grups petits (de 3 a 6 persones) que havien d'entrar tres cops al plató per observar i avaluar, cada cop amb una escena lumínica diferent, la lluminositat dels espais a través d'un qüestionari. La seqüència de pas dels grups es va fer de manera que entre una avaluació i la següent hi hagués uns 10 minuts d'aturada.

Els observadors no van ser informats prèviament de les preguntes ni del que havien d'avaluar. En entrar, una persona els informava del procediment, els donava un petit qüestionari (taules 2 i 3) i els guiava en el procés. La primera pregunta que havien de respondre en menys de 20 segons era la seva impressió sobre en quin espai creien que hi havia més llum. Aquesta resposta s'havia de donar des del punt d'accés als espais (figures 1 i 8) de manera intuïtiva i instantània. Després d'aquesta primera impressió se'ls va donar un parell de minuts per continuar observant els espais movent-se lliurement, però sense entrar-hi, i fer una segona avaluació. La següent pregunta era la mateixa que havien contestat una mica abans, però ara amb més temps per observar, i a continuació havien de respondre en quin espai creien que hi havia menys llum. A banda de l'avaluació quantitativa de lluminositat, se'ls va demanar una avaluació qualitativa on havien de ponderar la diferència entre l'espai que creien que tenia més llum i el que en tenia menys, decidint si creien que eren iguals i costava distingir-los, si es notava la diferència o bé si hi havia molta diferència entre ells.

Taula 2: primer qüestionari avaluació observadors

En quin espai et sembla que hi ha <u>més</u> llum?	A	B	C
--	---	---	---

Taula 3: segon qüestionari avaluació observadors

En quin espai et sembla que hi ha <u>més</u> llum?	A	B	C
En quin espai et sembla que hi ha <u>menys</u> llum?	A	B	C
L'espai que té més llum, respecte al que en té menys:	Són iguals, costa distingir		
	Es nota la diferència		
	Hi ha molta diferència		

Els intervals entre valoracions es van utilitzar per realitzar altres preguntes als participants, relacionades amb el què havien vist, amb els vestíbuls i altres temes relacionats amb la percepció. Les preguntes i respostes es troben al final d'aquest annex. En un dels intervals entre valoracions es va sotmetre els observadors a un test per determinar si presentaven algun tipus de deficiència en la percepció del color. El test va donar com a resultat que un dels observadors

presentava daltonisme, per la qual cosa les seves valoracions es van separar de la resta i no es van tenir en compte en l'anàlisi de resultats.



Figura 8: imatges de l'avaluació duta a terme per part dels observadors; la primera imatge mostra el punt de pas i la segona, la zona per la primera avaluació de llum

Mesuraments

A més de l'avaluació per part dels observadors, a cada espai i escena lumínica es van dur a terme mesuraments de luminància i il·luminància. En total es va mesurar:

- Il·luminància horitzontal a nivell de terra (E_{HT}) en els tres espais
- Il·luminància horitzontal a 1.5 m del terra ($E_{H1.5}$) en els tres espais
- Il·luminància vertical al mig de cada superfície vertical, a 1.5 m del terra (E_V) en els tres espais
- Luminància al mig de cada superfície vertical (L_V) en els tres espais

En tots els casos es va optar per mesurar a 1.5 m d'alçada perquè és un valor proper a l'alçada de l'ull humà. També es va mesurar la relació entre la luminància a la part superior i inferior dels panells, i va donar una relació de 9 a 1 en tots els casos. Dels mesuraments de luminància es va constatar que els observadors estaven en condicions de visió fotòpica, ja que en tots els casos els valors es trobaven per sobre de 10 cd/m^2 . A banda dels mesuraments, també es van realitzar sèries de fotografies per documentar el procediment.

L'equipament utilitzat per realitzar els mesuraments va ser un luminancímetre Konika Minolta LS-110 i luxòmetres Lutron LX-102 i HIBOK-35 (les lectures dels luxòmetres van donar una diferència d'un 2% entre ells). Per les fotografies, es va utilitzar una càmera digital Nikon D70 amb objectiu d'ull de peix.



Figura 9: luxòmetre Lutron LX-102 i luminancímetre Konika Minolta LS-110.

RESULTATS I ANÀLISI CASOS D'ESTUDI

Mesuraments

Els resultats del treball es divideixen entre els valors dels mesuraments i les opinions dels observadors. Pel que fa als mesuraments, en primer lloc es va mesurar la il·luminància a les diferents superfícies de cada espai, parets i terra. Aquests valors van ser utilitzats per definir les escenes lumíniques, en el cas de la il·luminància horitzontal (E_{HT}) i per calcular els índexs de reflexió dels colors en el cas de la il·luminància vertical (E_V), juntament amb els valors de luminància. Les desviacions entre els valors mesurats entre espais en els escenaris s'han considerat no importants pel resultat global de l'estudi. Els resultats es mostren a la taula 4.

Taula 4: valors d'il·luminància corresponents a les superfícies verticals dels espais A, B i C per cada una de les escenes lumíniques. Les parets estan numerades d'esquerra a dreta

		Escena 1	Escena 2	Escena 3
		Il·luminància (lux)		
Espai A	E_{HT}	832	440	832*
	$E_{H1.5}$	2285	1175	2285*
	E_V Paret 1	717	360	717*
	E_V Paret 2	394	210	394*
	E_V Paret 3	737	378	737*
Espai B	E_{HT}	925	925*	925*
	$E_{H1.5}$	2420	2420*	2420*
	E_V Paret 1	805	805*	805*
	E_V Paret 2	528	528*	528*
	E_V Paret 3	767	767*	767*
Espai C	E_{HT}	918	918*	396
	$E_{H1.5}$	2325	2325*	1149
	E_V Paret 1	796	796*	285
	E_V Paret 2	618	618*	274
	E_V Paret 3	726	726*	298

*Els valors d'il·luminància en escenes amb condicions lumíniques repetides només van ser mesurats un cop. Els valors aquí indicats corresponen a l'escena anterior.

En segon lloc, es van obtenir els valors de luminància a les diferents superfícies verticals de cada espai (L_V). Els valors dels panells laterals i frontal van donar resultats lleugerament diferents entre ells, sempre menors al panell frontal que als laterals. No obstant, considerant que els observadors es podien moure lliurement per la zona davant dels tres espais, es va considerar que el valor més adequat per comparar amb l'avaluació havia de ser el terme mitjà entre les tres superfícies de cada espai. Els valors de les parets de cada espai i la seva mitjana aritmètica es mostren a la taula 5.

Les mesures de luminància mostren correlació amb els nivells d'il·luminància, donades les característiques dels colors. De totes maneres, com que la posició i fixació dels elements d'il·luminació es van fer de manera manual, la quantitat de llum que arriba a cada espai té un marge de desviació en els seus valors. Per aquest motiu, la luminància i il·luminància es van mesurar en cada situació i a la taula es mostren aquests valors i la mitjana.

Taula 5: valors de luminància corresponents a les superfícies verticals dels espais A, B i C per cada una de les escenes lumíniques. Les parets estan numerades d'esquerra a dreta

		Escena 1	Escena 2	Escena 3
		Luminància (cd/m ²)		
Espai A	L _v Paret 1	139.5	71.5	139.5*
	L _v Paret 2	81.5	44	81.5*
	L _v Paret 3	151	81	151*
	L_v Mitjana	124	65.5	124*
Espai B	L _v Paret 1	118	118*	118*
	L _v Paret 2	83	83*	83*
	L _v Paret 3	126	126*	126*
	L_v Mitjana	109	109*	109*
Espai C	L _v Paret 1	164	164*	61
	L _v Paret 2	126	126*	58
	L _v Paret 3	159	159*	66.5
	L_v Mitjana	149.7	149.7*	61.8

*Els valors de luminància en escenes amb condicions lumíniques repetides només van ser mesurats un cop. Els valors aquí indicats corresponen a l'escena anterior.

Valoració observadors

A banda dels mesuraments, cada escena va ser avaluada per un grup d'observadors. L'avaluació va consistir en les quatre preguntes següents:

- En quin espai et sembla que hi ha més llum? – resposta abans de 20 segons
- En quin espai et sembla que hi ha més llum? – temps de resposta fins 2 minuts
- En quin espai et sembla que hi ha menys llum? – temps de resposta fins 2 minuts
- L'espai que té més llum, respecte el que en té menys: són quasi iguals i costa distingir, es nota la diferència o hi ha molta diferència? – temps de resposta fins 2 minuts

Les respostes obtingudes es mostren a la taula 6 i gràficament a les figures 10, 11 i 12.

Taula 6: nombre i percentatge de respostes a les preguntes a), b) i c); en negreta, els valors amb més nombre de respostes en cada cas

		Escena 1		Escena 2		Escena 3	
Respostes		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Pregunta a)	Espai A	17	71	2	8	17	71
	Espai B	4	17	6	25	7	29
	Espai C	3	13	16	67	0	0
Pregunta b)	Espai A	14	58	2	8	12	50
	Espai B	4	17	7	29	12	50
	Espai C	6	25	15	63	0	0
Pregunta c)	Espai A	3	13	17	71	1	4
	Espai B	12	50	4	17	0	0
	Espai C	9	38	3	13	23	96

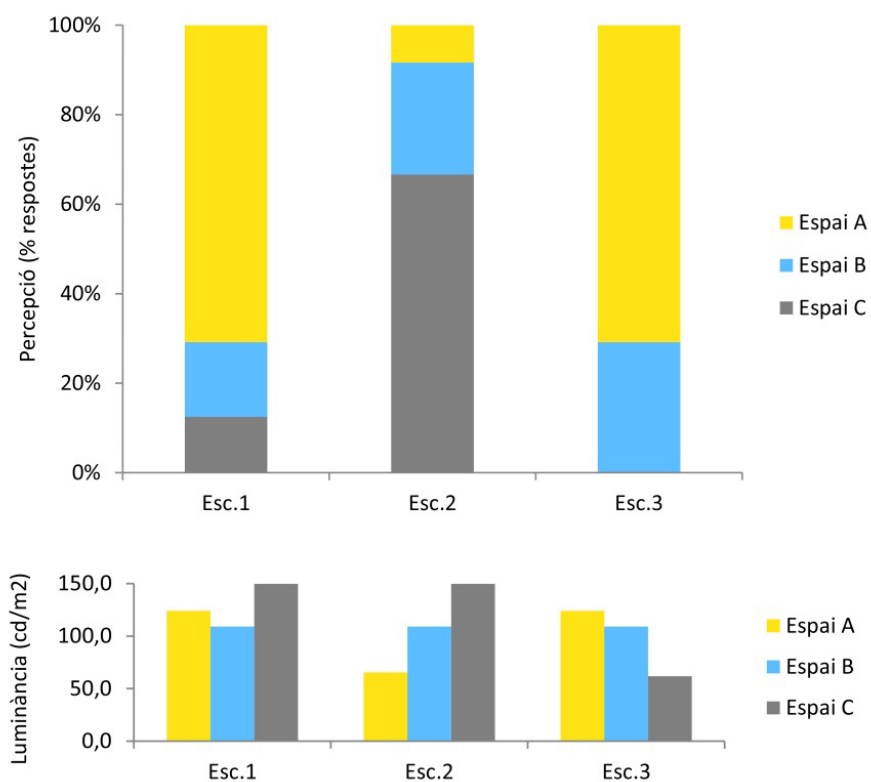


Figura 10: percentatge de respostes a la pregunta a) i comparació gràfica amb els valors de luminància mesurats

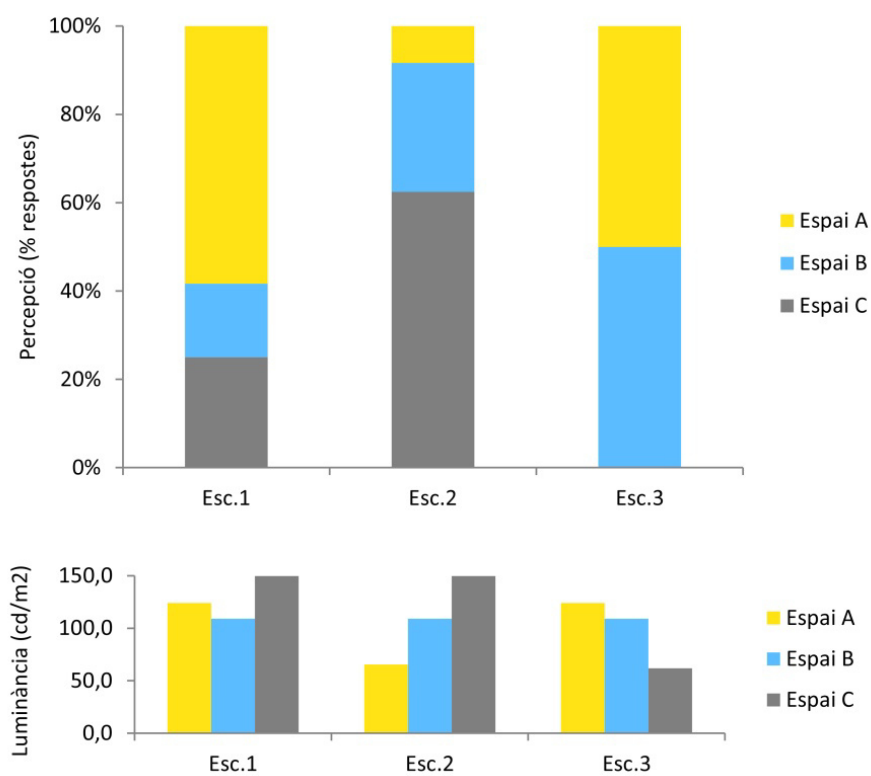


Figura 11: percentatge de respostes a la pregunta b) i comparació gràfica amb els valors de luminància mesurats

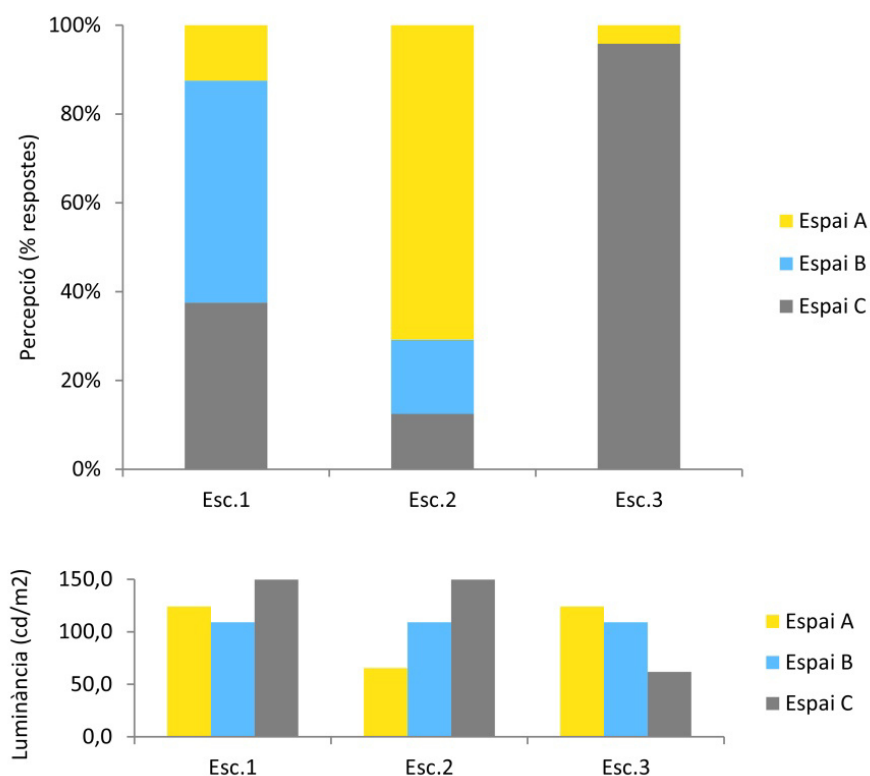


Figura 12: percentatge de respostes a la pregunta c) i comparació gràfica amb els valors de luminància mesurats

Les gràfiques mostren com l'espai de color groc és el que surt més valorat en quant a lluminositat i el gris el que menys, sobre tot a primera vista. A l'escena 1, tot i no ser l'espai amb una luminància més alta, els observadors van percebre aquest espai com a més lluminós. La tercera escena, on el groc era l'espai més clar, va ser valorat majoritàriament així. Passats dos minuts, no obstant, el percentatge d'observadors que continua creient que l'espai groc és més lluminós que la resta disminueix, en totes les escenes. Per contra, l'espai gris és percebut com a més fosc per gairebé tots els participants quan certament ho és, però no succeeix el mateix efecte en la resta d'escenes. La lluminositat inicial i la transitorietat de l'efecte del groc es mostra en aquestes gràfiques.

Pel que fa a la valoració qualitativa, els participants van trobar que els espais eren molt diferents en l'escena 3, mentre que a les dues anteriors van trobar que els espais eren quasi iguals i que costava distingir-los, o bé els van trobar lleugerament diferents. Les respostes es mostren a la taula 7.

Taula 7: nombre i percentatge de respostes a la pregunta d); en negreta, els valors amb més nombre de respostes en cada cas

Respostes	Escena 1		Escena 2		Escena 3	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Són quasi iguals, costa distingir	11	46	12	50	6	25
Lleugerament diferent	13	54	11	46	14	58
Molt diferent	0	0	1	4	4	17

Els resultats anteriors es basen en les respostes a les preguntes a), b) i c), però si ens fixem en els observadors i el seu percentatge d'encert (taula 8), veiem que l'escena 1 és la que va donar menys coincidències entre l'avaluació i les mesures. En total, la mitjana de coincidències per individu és d'un 56%. Val a dir que 10 dels 24 observadors es queda per sota del 50%, mentre que 14 es troben per sobre. Els casos extrems el formen un observador que només va coincidir en 1 de les 9 observacions, i 3 observadors que només van fallar una de les 9. La desviació estàndard de la mostra és del 21%.

Taula 8: Llista de participants mostrant la coincidència entre la resposta a les preguntes a), b) i c) d'avaluació de la lluminositat dels espais i la luminància mesurada, per cada escena lumínica

Participant	Esc.1			Esc.2			Esc.3			% coincidència
	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	
1										33%
2										56%
3										44%
4										44%
5										11%
6										67%
7										33%
8										33%
9										33%
10										56%
11										67%
12										67%
13										56%
14										44%
15										89%
16										78%
17										89%
18										67%
19										78%
20										78%
21										56%
22										44%
23										33%
24										89%
Mitjana de coincidències										56%
Desviació estàndard										21%

Si llegim les dades en funció de la distribució de les coincidències per escenes visuals (figura 13), en primer lloc veiem que, a l'escena 1, el percentatge d'observadors que no van coincidir amb els mesuraments de luminància en cap de les avaluacions va ser un 42% del total. El segon grup més nombrós va ser el que només va coincidir en avaluar l'espai C com a menys lluminós. No hi ha cap cas en que algú coincidís en totes les preguntes amb els mesuraments. A l'escena 2, no obstant, hi va haver un 38% d'observadors que sí van coincidir en les avaluacions respecte els mesuraments, i suposen el grup més nombrós. La resta de resultats estan repartits en els altres grups, si bé el segon grup més nombrós és el que va coincidir en les dues preguntes de la segona avaluació. L'escena 3 suposa un augment considerable d'observadors amb totes les preguntes avaluades coincidint amb els mesuraments, ja que són gairebé la meitat del total. Els altres dos grups que es reparteixen les valoracions són els que van coincidir en les dues preguntes de la segona avaluació, i els que només van coincidir en la tercera pregunta respecte l'espai menys lluminós.

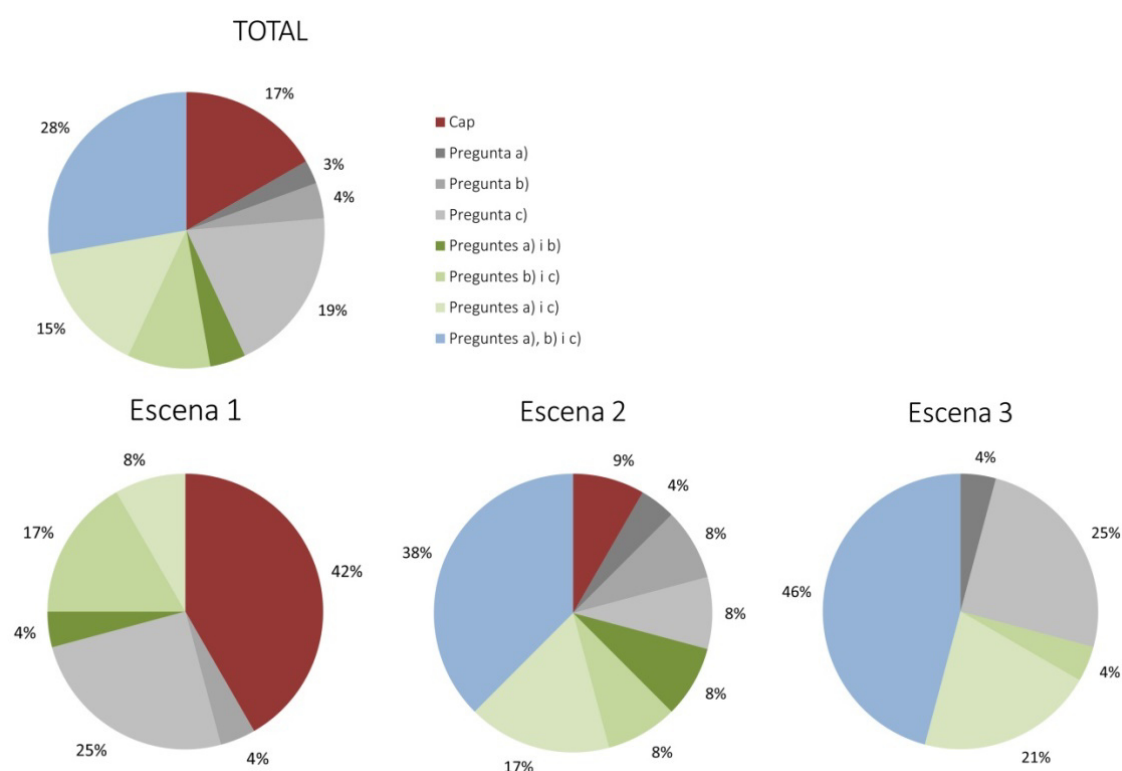


Figura 13: gràfiques amb els percentatges de coincidència entre l'avaluació dels observadors a les preguntes a), b) i c) i la luminància mesurada. Cada entrada mostra el nombre i percentatge d'encerts

Una altra anàlisi estreta dels resultats és la tendència del canvi de resposta entre la primera i la segona avaluació de la lluminositat en els espais, corresponent a les preguntes a) i b), descrita a la taula 9. Hi ha persones que no van canviar de resposta durant l'observació, altres que van canviar per donar la resposta coincident amb els mesuraments, i altres que no van coincidir amb el valor físic ni abans ni després d'uns minuts d'observació. És notable que l'escena 3 és la que va patir menys canvis d'opinió, tot i que quasi tots els que van canviar ho van fer per no coincidir amb els resultats de luminància. Un altre fet interessant es produeix a l'escena 1, on més de la meitat d'observadors no va canviar d'opinió un cop transcorreguts els 2 minuts, tot i que gairebé tots estaven en contradicció amb els mesuraments de luminància. La majoria dels canvis d'opinió en aquesta escena es va produir per donar el valor coincident amb la luminància, al contrari del que va passar en les altres dues escenes, on el canvi d'opinió va anar en sentit contrari al que deien els mesuraments.

Taula 9: canvis d'avaluació entre les preguntes a) i b) amb el nombre d'observadors que no van canviar d'opinió dividits entre els que havien respost d'acord amb els valors de luminància i els que no, i recompte d'observadors que van canviar d'opinió en el sentit dels mesuraments o el contrari

		Esc.1	Esc.2	Esc.3
Sense canvi d'opinió	Resposta inicial coincident mesuraments	1	11	11
	Resposta inicial incorrecta	13	4	6
	TOTAL	14	15	17
Amb canvi d'opinió	De resposta contrària als mesuraments a coincident	6	4	1
	De resposta coincident a contrària als mesuraments	4	5	6
	TOTAL	10	9	7

PREGUNTES REALITZADES ENTRE AVALUACIONS I LES SEVES RESPOSTES

El temps entre avaluació i avaluació, mentre un altre grup estava dins el plató, es va utilitzar per realitzar preguntes sobre temes relacionats. També es va realitzar un test de Daltonisme, com s'ha esmentat anteriorment. Les preguntes van ser fetes d'una manera informal i no pretenen tenir un valor científic, però les seves respostes són una informació útil que complementa el treball realitzat. Les preguntes es van formular amb dos propòsits: desviar l'atenció dels participants durant el descans entre avaluació i avaluació, i reflexionar sobre alguns temes relacionats amb el tema dels vestíbuls i el color a través de preguntes i respostes espontànies.

La primera sèrie de preguntes fa referència a el color en relació amb l'art.

Taula 10: qüestionari sobre la relació dels espais A, B i C amb expressions artístiques

Associa l'espai A amb un gènere cinematogràfic, obra d'art o representació artística
.....
Associa l'espai B amb un gènere cinematogràfic, obra d'art o representació artística
.....
Associa l'espai C amb un gènere cinematogràfic, obra d'art o representació artística
.....

Espai A



ART | Capella Sixtina de Miquel Angel

ART | El grito (Munch)

ART | Lichtenstein

ART | La Sagrada Família

ART | Impressionisme

ART | Quadre de Dalí

ART | Els girasols (Van Gogh)

CINE | Moon Rise Kingdom (Wes Anderson)

CINE | La vida de Pi (Ang Lee)

CINE | Comèdia Wes Anderson

CINE | Viaje a Darjeeling (Wes Anderson)

CINE | Wes Anderson

CINE | Western

CINE | Comèdia

CINE | El resplandor (Stanley Kubrick)

CINE | Taxi (Luc Besson)

CINE | Película western

CINE | Taxi (Luc Besson)

CINE | Comèdia

CINE | La naranja mecànica (Stanley Kubrick)

LITERATURA | Novel·la romàntica

MUSICA | Recital

ALTRES | Posta de sol al meu poble

ALTRES | Radenski (?)

Espai B



ART | El sol ixent (C. Monet)

ART | Michelangelo Buonarroti

ART | Època blava de Picasso

ART | Rococó pintures cels clars amb àngels

CINE | Forrest Gump (Robert Zemeckis)

CINE | “Up” (Pete Docter i Bob Peterson)

CINE | Un thriller, Crash (Paul Haggis)

CINE | El árbol de la vida (Terrence Malick)

CINE | Cinema independent

CINE | Titànic (James Cameron)

CINE | Pel·lícula romàntica The Note Book (Nick Cassavetes)

CINE | Pel·lícula de terror

CINE | La vida és bella (Roberto Benigni), comèdia romàntica

CINE | Perdidos (sèrie J. J. Abrams)

CINE | Dogville (Lars von Trier)

LITERATURA | El petit príncep

MÚSICA | Música clàssica

ALTRES | Els barrufets

ALTRES | La meva habitació de la infància

ALTRES | Experimental

ALTRES | Nit estelada

ALTRES | Barcelona

ALTRES | Teatre

Espai C



ART | Gernika (Picasso)

ART | Kiki Smith

ART | Minimalisme

ART | Juan Gris

ART | Per a una escultura famosa

CINE | Matrix (Andy i Lana Wachowski)

CINE | La naranja mecànica (Stanley Kubrick)

CINE | Canino (Yorgos Lanthimos)

CINE | La cinta blanca (Michael Haneke)

CINE | El resplandor (Stanley Kubrick)

CINE | Ficción

CINE | Más allá de los sueños (Vincent Ward)

CINE | Blanco (K. Kieslowski)

CINE | Los amantes del círculo polar (J. Medem)

LITERATURA | Dos velas para el diablo (Laura Gallego)

LITERATURA | Niño 44 (Tom Rob Smith)

MÚSICA | Òpera

ARQUITECTURA | Richard Meier

ARQUITECTURA | Museu

ALTRES | Reportatge periodístic

ALTRES | Fotografia

ALTRES | Exposició fotogràfica

ALTRES | Gel

ALTRES | Madrid

ALTRES | Ballet

La següent pregunta és referent al color i els vestíbuls i on està centrat el focus d'atenció als vestíbuls.

Taula 11: qüestionari sobre l'associació de colors als vestíbuls i focus d'atenció en un vestíbul desconegut

Pregunta 1: Quin color et sembla més adequat pel vestíbul d'un cinema?
.....
Pregunta 2: Quin color et sembla més adequat pel vestíbul d'un edifici d'habitatges?
.....
Pregunta 3: Quin color et sembla més adequat pel vestíbul d'un hospital?
.....
Pregunta 4: Què és el primer que mires en un vestíbul que no coneixes?
.....

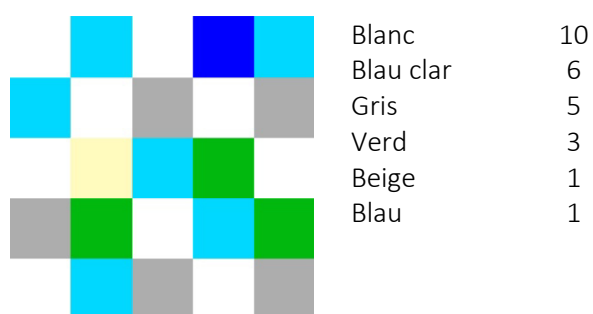
Pregunta 1:

	Vermell	6
	Groc	5
	Gris fosc	3
	Negre	2
	Marró	2
	Blau fosc	1
	Granate	1
	Verd	1
	Gris clar	1
	Blau clar	1
	Blanc	1
	Taronja	1

Pregunta 2:

	Beige	8
	Blanc	7
	Groc	4
	Gris	4
	Blau clar	1
	Verd	1
	Color viu	1

Pregunta 3:



Pregunta 4:

La paret	9
Senyalística	3
Terra	3
Sortida	2
Mobiliari	2
Dimensions espai	2
Il·luminació	2
Color i llum	1
Accés següent espai	1
Mirall	1
Escales o ascensor	1
Finestres	1

La última pregunta és la última que es va realitzar i on els observadors expressaven què creien que havia passat cada cop que havien entrat a avaluar l'espai.

Taula 12: qüestionari final sobre els canvis a cada escenari

Quina diferència has notat cada cop que has entrat a valorar els espais A, B i C?

Les respostes donades es transcriuen literalment a continuació:

- Tenia la sensació que la llum canviava, depenent de si era la primera, segona o tercera vegada.
- Cada vegada que entrava veia més lluminosa una altra secció que abans.
- Cada vegada que entrava em costava més escollir les respostes "correctes".
- La primera impressió canviava cada cop però després tirava pel blau com a més il·luminat.
- No n'hi ha cap.
- Que sorprenentment la percepció variava cada cop.
- Que la llum canviava.
- El blanc sempre semblava més fosc, en canvi anava canviant d'opinió sobre el blau i el groc (quin tenia més llum)
- Que había dos parecidos y uno distinto.
- Creo que modificaron la intensidad de luz de los espacios.
- Intensidad lumínica.
- Cambia la intensidad lumínica pero los colores engañan un poco.
- Cambian la intensidad real no es sólo por el color.
- La intensidad de luz es diferente, la última vez la diferencia entre los 3 es más claro.
- La última vez no he notado ninguna diferencia entre A, B y C.
- Parecía que la iluminación fuese diferente en cada ocasión, diferente intensidad.
- Ha cambiado la cantidad de luz cada vez, aumentando y disminuyendo en los diferentes espacios.
- Se baja o sube la intensidad de las lámparas. Se cubre o descubre parte de la pantalla del plafón.
- Cambio de intensidad de luz en los volúmenes y mayor temperatura al final, en la última ronda.
- Ha variado la intensidad de la iluminación.
- Que quizás la intensidad de la iluminación ha cambiado por cada espacio.
- Que el espacio amarillo al verlo en el primer vistazo deslumbra más y el blanco menos y cuando concentramos vemos lo que es al revés.
- La 1ª y 3ª vez: A y C más luz. La 2ª vez: A menos luz, B medio luz y C más luz.
- En el 2º es fácil distinguir las diferencias de luz. En el 3º es muy difícil encontrar diferencias de luz.